

Die Bohrfestigkeit der Gesteine.

Von k. k. Prof. Franz v. Ržiha.

In der Münchener Konferenz vom 24. September 1884, betreffend die Untersuchung der Bau- und Konstruktionsmaterialien,*) sowie in meinem, im österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereine am 29. November 1884 abgehaltenen Vortrage**) habe ich bereits auf die Wichtigkeit der Kenntniss des Widerstandes aufmerksam gemacht, welchen das Gestein dem Abbohren eines Sprengloches entgegenstellt. Seitdem habe ich zunächst für die Zwecke meiner Vorträge über die bergmännischen Gewinnungs-Arbeiten an der hiesigen technischen Hochschule den Gegenstand weiter verfolgt, und erlaube ich mir nunmehr die gewonnenen Resultate im Nachstehenden mitzuthellen.

Es wird hier der in Rede stehende Bohrwiderstand als Arbeitsfestigkeit aufgefasst und der Kürze halber als Bohrfestigkeit bezeichnet. Als Maass dieser Festigkeit erscheint die pro 1 cm^3 erbohrten Raum aufgewendete mechanische Arbeit in Meter-Kilogrammen.

I. Historischer Verlauf der bisherigen Versuche und Studien über die Bohrfestigkeit der Gesteine.

1. Der belgische Artillerie-Major Coquilhat***) war im Jahre 1851 zur Bestimmung der Arbeitsfestigkeit von Geschützmetallen veranlasst und dehnte seine Versuche auch auf Eisen, Holz, Ziegel, Mörtel und verschiedene Gesteine aus, letzteres um zum ersten Male die Vortheile des Drehbohrens für bergmännische Zwecke und speciell für Tunnelbauten zu beleuchten, weshalb wir Ingenieure ihn auch als den geistigen Schöpfer des modernen Drehbohrprinzips zu schätzen haben. Coquilhat benützte die Ausweitungsarbeit schon anderweitig vorgebohrter Löcher auf einen grösseren Durchmesser, zur Bestimmung der Grösse der Bohrfestigkeit; er bremste die bezügliche Dreharbeit ab und vereinigte die gewonnenen Resultate in der Formel:

$$A \text{ mkg} = 2 R s$$

pro 1 dm^3 zerbohrtes Gestein. In dieser Gleichung bedeutet die Zahl 2 den doppelten Angriff des Drehmeissels (Centrumbohrers); R den aus dem Experimente heraus gerechneten Druck in Kilogramm pro 1 m^2 der angreifenden Meisselfläche für jede Seite des Drehmeissels; und s in Metern den Weg der Arbeit.

Für jeden Kubik-Dezimeter derart erbohrten Ausweitungsraum stellt sich $s = 0.001\text{ m}$, also $A = R \cdot 0.002$, daher für 1 cm^3 erbohrten Raum

$$A = \frac{R}{500\,000}$$

*) Protokoll der Münchener Konferenz 1884, S. 95.

**) „Wochenschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines“ Nr. 50 vom 13. Dezember 1884.

***) Annales des travaux publics de Belgique; X. Bd. 1851. und 1852, S. 199.

Auch im Auszuge a) in der „Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines“ 1853, S. 211;

b) in der verdienstvollen Arbeit des Aachener Prof. W. Schulz über Gesteins-Bohrmaschinen, enthalten im IV. Bande des Handbuchs der Ingenieurwissenschaften von Franzius und Linke, Leipzig 1885, S. 247.

was zum Verständnisse des Koeffizienten R in der weiter unten folgenden Tabelle kurz anzuführen ist.

2. Der Gegenstand der Auffindung der Bohrfestigkeit erhielt nunmehr, chronologisch betrachtet, eine wesentliche Förderung durch diejenigen praktischen Versuche, welche vorgenommen wurden, um den Vortheil des drehenden Bohrens gegenüber dem Stossbohren hinsichtlich der linearen Fortschritte darzuthun. Schon Kanner, der Werkmeister unserer herrlichen, den Namen Ferstel verewigenden Votivkirche, hatte in den Vierziger-Jahren das Drehbohren bei der Fabrikation von Steinröhren in Prag im Gebrauche; ihm folgten 1853 Lambert in Nordamerika,*) ferner süd-deutsche Ingenieure mit der Bohrknarre in Sigmaringen (ebenfalls in den Fünfziger-Jahren); weiters Lechôt in Paris mit der Diamantdrehbohrung; dann von Rittinger in Wien 1861**) und die im selben Jahre vorgenommenen Drehbohrversuche, welche ich in Braunschweig***) ausführte; endlich die Versuche, welche Lisbet†) mit seinem Drehbohrer vornahm. Alle diese Versuche, sowie diejenigen, welche Bergrath Wolff††) später um das Jahr 1871 ausführte, ergaben den Gesteinswiderstand nur in relativer Weise und dienten zu keinen absoluten und streng wissenschaftlichen Erkenntnissen desselben.

3. Die letzteren wurden vielmehr nächst Coquilhat erst wieder 1865 durch den Bergmeister von Sparre†††) und 1869 durch den rühmlichst bekannten Berg-Ingenieur Dr. Stapff*†) angebahnt, welche beide indess den Gegenstand nur theoretisch behandelt haben. v. Sparre beschäftigte sich insbesondere mit der theoretischen Wirkung des Bohrmeissels und Dr. Stapff hat in seinem bedeutsamen, die Theorie der Bohrmaschinen begründenden Werke die Grösse der Bohrfestigkeit im Wege der Rechnung beleuchtet, indem er einerseits aus den bekannten Druckfestigkeiten der Gesteine und den Elastizitätsmodulen der Materialien des Bohrgezähes, und andererseits aus dem von Weisbach gebrauchten Arbeitsaufwande des Bohrhäuers diesen Widerstand in der unten näher beschriebenen Weise erhob.

4. Die chronologisch nächstliegende im Jahre 1876 vorgenommene Bearbeitung des überaus wichtigen Gegenstandes hat der Berg-Ingenieur Havrez**†) geliefert; derselbe leitet aus der bekannten Arbeitsgleichung $A = \mu \cdot \frac{Q \cdot v^2}{2g}$ die Arbeit des Häuers per Schlag dadurch ab, dass er,

*) A. Devillez. Des travaux de percement etc., Paris 1863 S. 224.

**) „Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines“ 1861.

***) Ržiha. Lehrbuch des Tunnelbaues, I. Theil 1874, S. 163.

†) Ržiha. Lehrbuch des Tunnelbaues, I. Theil 1874, S. 162.

††) Technischer Bericht über das Project der Arlbergbahn, Wien 1872, S. 17.

†††) „Berg- und Hüttenmännische Zeitung“ 1865.

*†) Gesteinsbohrmaschinen; Stockholm 1869.

**†) J. Havrez. Revue universelle des mines; 1876. I. Bd. S. 39, und 519.

gleichförmig beschleunigte Bewegung vorausgesetzt, die Geschwindigkeit des Fäustel-Aufschlages $v = \frac{2 \cdot s}{t}$ aus der Schlagzeit ermittelt und diese letztere damit abschätzt, dass er die Zahl der Fäustelschläge pro Minute zählt und für das eigentliche Schlagen $\frac{1}{3}$ bis $\frac{2}{5}$ *) von der ganzen Zeit des Hiebes annimmt. Aus dieser gelieferten Arbeit pro Schlag, aus der Zahl der Schläge und aus der abgebohrten Lochtiefe lässt sich dann die abgegebene mechanische Arbeit oder ihr Aequivalent: die Bohrfestigkeit bestimmen.

5. Nunmehr erfuhr das Studium der Bestimmung der Bohrfestigkeit der Gesteine eine neue Förderung durch die hervorragende Monographie, welche der Hofrath Professor v. Grimborg in Wien, anlässlich der Bestimmung des Arbeitsaufwandes der Brandt'schen Drehbohrmaschine im Sonnsteintunnel, im Jahrgange 1878 unserer Vereinszeitschrift veröffentlicht hat.**)

6. Diese Arbeit und Bau-Ausführung erregte die Aufmerksamkeit u. A. auch der sächsischen Berg-Ingenieure, welche, von dem Geiste der Freiburger hohen Schule beseelt, allezeit bereit sind, mit an der Spitze des bergmännischen Fortschrittes zu marschiren.

Ueber Auftrag des Ober-Bergrathes Förster***) nahm der Ober-Markscheider Hausse†) zu Zauckerode im Jahre 1881 sehr eingehende Versuche über den Arbeitsaufwand sowohl des drehenden, wie des stossenden Bohrens vor, und sind diese den wirklichen Bohrvorgang der Praxis beobachtenden Experimente als diejenigen anzusehen, welche die Frage nach der dynamischen Bohrfestigkeit aus dem Fundamente gehoben haben.

7. Angeregt durch diese sächsischen Versuche und durch die Studien über eine neue Bohrmaschine liess nun 1882 und 1883 unser leider zu früh verschiedene Meister auf dem Gebiete des Bergmaschinenwesens, der Hofrath Jarolimek††), durch den Ober-Bergverwalter Preuss†††) auf der Staatsgrube zu Raibl sehr umfangreiche Experimente vornehmen, welche, wegen der Verschiedenartigkeit der untersuchten Gesteine, sehr wesentliche Ergänzungen der sächsischen Versuche bilden, im Vereine mit diesen uns heute schon gestatten, den ganzen Gegenstand ziemlich klar zu stellen, und welche zu weiteren Untersuchungen sehr anregen.

8. Den Versuchen von Preuss folgten die 1884 veröffentlichten und 1881 und 1882 durchgeführten Versuche vom Prof. Hans Höfer,*†) mittelst dessen Indicators der

*) Nach neueren, mit elektrischen Apparaten vorgenommenen Versuchen von André, beträgt diese Zeit bei Löchern von 0–45° Neigung = 0.39 und bei Löchern von 110–115° Neigung von der Lothrechten = 0.35.

**) Der Bau des Sonnsteintunnels, „Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines“ 1878, S. 1.

***) Kraftbedarf bei Bohrmaschinen, „Freiberger Jahrbuch“ 1882.

†) Mechanische Arbeit beim Handbohren; „Berg- und Hüttenmännische Zeitung“ 1882.

††) Gesteindrehbohrmaschinen; „Oesterr. Berg- und Hüttenmännische Zeitschrift“, Jahrgänge 1882 und 1883.

†††) Kraftbedarf bei Drehbohrmaschinen, in „Oesterr. Berg- und Hüttenmännische Zeitschrift“ 1883 und in „Wochenschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines“ pro 1884.

*†) Häuerleistungen bei der Bohrarbeit; „Oesterr. Berg- und Hüttenmännische Zeitschrift“ pro 1884.

Bohrarbeit des Häuers, aus welchen Versuchen sehr wichtige Resultate bestimmt werden können.

9. Nunmehr ist, chronologisch betrachtet, die bedeutende literarische Arbeit auf dem Gebiete der Bohrfestigkeit zu registriren, welche der Aachener Prof. W. Schulz im IV. Bande des Handbuches der Ingenieurwissenschaften von Franzius und Linke 1885*) veröffentlicht hat.

10. Die neueste Untersuchung des Gegenstandes hat der Stockholmer Prof. G. Nordenström**) geliefert. Dieser Autor hat diejenigen epochalen Resultate zusammengestellt, welche durch die achtjährigen Beobachtungen auf den Gruben zu Norberg, Striberg, Dannemora und Bersbo und im Steinbruche Stadsgården praktisch gewonnen wurden und welche sich an die Beobachtungsmethode von H. v. H. anschliessen.

11. Es kann diese historische Skizzirung der Bestrebungen zur Auffindung der Grösse der Bohrfestigkeit der Gesteine nicht geschlossen werden, ohne noch dreier Leistungen zu gedenken, welche den Gegenstand berühren.

a) Zunächst sind hier die interessanten Experimente zu erwähnen, welche der Berliner Stadtbau-Inspector Sieben-eicher***) über die Festigkeit der verschiedenen Pflastersteine vorgenommen hat; er wendete einen frei fallenden Meissel mit gleicher Hubhöhe an und nahm die pro Tiefeneinheit des entstandenen Bohrloches nothwendig gewordene Schlagzahl als Vergleichsmaassstab der Gesteinsfestigkeit an.

b) Dann sind die umfangreichen und mühsamen Zusammenstellungen zu nennen, welche der Prof. Max Kraft in Brunn†) zu dem Zwecke gewählt hat, um das bergmännische Eindringen in das Gestein, also den Widerstand des letzteren zu messen; Kraft stellt zu diesem Zwecke als Maass-Einheit den Spreng-Kilogramm-Meter, d. h. ein Produkt auf, welches aus den zwei Erfahrungsfaktoren: täglicher Gewinnungsraum mal verbrauchtes Sprengmaterial, gebildet wird.

c) Endlich ist noch der mehrseitigen Bestrebungen zu gedenken, welche in den vom Münchener Prof. Bauschinger einberufenen Techniker-Konferenzen über einheitliche Maassnahmen bei der Prüfung der technischen Materialien auch bezüglich der einheitlichen Prüfung der Bohrfestigkeit der Gesteine schliesslich zu Tage getreten sind.††)

II. Resultate der Versuche über den Arbeitsaufwand beim Gesteinsbohren.

Alle folgenden Angaben beziehen sich auf die Grösse der mechanischen Arbeit in Meterkilogrammen, welche die Ausbohrung von 1 cm³ Hohlraum verursacht hat; beim Stossbohren ist das volle abgebohrte Cylindervolumen, beim Dreh-

*) Handbuch der Ingenieurwissenschaften. VIII. Capitel. Gesteinsbohrmaschinen, S. 141.

**) Jernkontorets. Annaler 1887, S. 133; im Auszuge a) in der „Oesterr. Zeitschrift für das Berg- und Hüttenwesen“ Nr. 47 und 48 vom 19. und 26. November 1887; b) in „Glück auf“ Nr. 87 und 88 vom Jahre 1887, und c) in der „Zeitschrift des oberschlesischen Berg- und Hüttenmännischen Vereines“, October 1887.

***) „Deutsche Bau-Zeitung“ 1879; auch in Prof. E. Dietrich: Die Baumaterialien der Steinstrassen, Berlin 1884.

†) Max Kraft: „Ueber Arbeits-Effekte am Gestein“ im Jahrbuch für Berg- und Hüttenwesen 1881, VIII. Kapitel, S. 221.

††) Sitzungsprotokoll vom September 1886 zu Dresden.

bohren mit der Cylindersäge ist nur das abgebohrte Volumen des Schrammes und nicht dasjenige des stehengebliebenen Kernes berücksichtigt.

1. Die Versuchs-Ergebnisse von Coquilhat. In der folgenden Tabelle sind die gefundenen Werthe des schon früher erwähnten Koeffizienten R und die Arbeit in Meterkilogramm pro 1 cm^3 Raum, letztere nach der Formel

$$A\text{ mkg} = \frac{R}{500\,000} \text{ angegeben.}$$

Nummer	Gestein	Werth des Koeffizienten R	Arbeit pr. cm^3 in mkg
a) Gruppe sehr fester Steine (Funkengebend):			
1	Sandsteine von Ath (Pflastersteine)	88 000 000	176·0
2	Kalkstein aus Tournay in Hennegau	39 000 000	78·0
3	Kohlensandstein aus Jemappe in Hennegau . .	35 000 000	70·0
4	Kalkstein aus Soignies	31 000 000	62·0
5	Kalkstein aus Ecassausines	27 000 000	54·0
	Durchschnitt 1 bis 5		88·0
b) Gruppe fester Steine:			
6	Weisse Ziegeln von Ypern (a. d. Jahre 1396)	24 300 000	48·6
7	Kalkstein von Lüttich	21 500 000	43·0
8	Kalkhaltiger Sandstein von Brabant	21 000 000	42·0
	Durchschnitt von 6 bis 8		44·5
c) Gruppe milder Steine und sehr harten Mörtel:			
9	Rothe Ziegeln von Ypern, welche Vauban angewendet hat	8 300 000	16·6
10	Belgischer Mörtel, 12 bis 15 Jahre alt . . .	7 100 000	14·2
11	Rothe Ziegeln von Rüpelmonde	5 700 000	11·4
12	Weisse Ziegeln von Ypern, welche das belgische Ingenieurkorps verwendet hat . . .	5 700 000	11·4
13	Belgischer Mörtel aus dem Jahre 1680 . . .	5 600 000	11·2
14	Weisse Ziegeln von Ypern, welche das holländische Ingenieurkorps verwendet hat . . .	5 500 000	11·0
15	Weisse Ziegeln von Tournes	4 100 000	8·2
16	Belgischer Mörtel aus dem Jahre 1396 . . .	3 200 000	6·4
	Durchschnitt von 9 bis 16		11·3
d) Gruppe weicher Steine, fester Ziegel und festen Mörtels:			
17	Rothe Ziegeln von Rüpelmonde (alt 1396) . .	2 600 000	5·2
18	Englischer Sandstein	2 200 000	4·4
19	Sehr feiner Quaderstein von Rochefort in Frankreich	2 000 000	4·0
	Durchschnitt von 17 bis 19		4·5
20	Rothe Ziegeln von Ypern	1 900 000	3·8
21	Röthlicher Quaderstein von Rochefort in Frankreich	1 600 000	3·2
22	Quaderstein von Rochefort (sehr alt) . . .	1 500 000	3·0
23	Holländischer Mörtel (28—29 Jahre alt) . .	1 400 000	2·8
24	Quaderstein von Rochefort mit Geschieben .	800 000	1·6
25	" " " grobkörnig	700 000	1·4
26	Weisser Ziegel von Dixmude	700 000	1·4
27	Weicher Kalkstein von Averse in Frankreich	600 000	1·2
28	Erdiger Kalkstein von St. Omer	400 000	0·8
29	Weicher Sandstein von Grande Eglise in Hennegau	330 000	0·66
30	Weicher Kalkstein von Rochefort für Bildhauerzwecke	300 000	0·60
	Durchschnitt von 20 bis 30		1·9

2. Berechnungen von Dr. Stapff. Dieser Autor nimmt nach Weisbach*) an, dass ein Häuer bei ein-

*) Dr. Stapff, Gesteinsbohrmaschinen, S. 9.

männlichem Bohren täglich 10 000 Fäustelschläge macht und dabei 1 000 000 sächsische Fusspfund = 141 500 mkg *) Arbeit mit dem Fäustel verrichtet; er leistet also pro Schlag 14·1 mkg physiologische Arbeit, von welcher jedoch wegen des Zurückziehens des Fäustels nur die Hälfte, nämlich 50 sächsische Fusspfund = 7·05 mkg auf die Bahn des Bohrers abgegeben werden.

Von dieser letzteren Arbeit gelangt aber wegen des Massenverhältnisses des Bohrers zum Fäustel und wegen der Elastizität der Materialien nur ein von diesen Geräthen abhängiger Theil zur Wirkung auf die Bohrlochssole, beziehentlich an die Meisselschneide. Für ein Fäustelgewicht von 7 schwedischen Pfund = 2·98 kg und für ein Bohrergergewicht von 4 schwedischen Pfund = 1·70 kg berechnet Stapff**) die Arbeit an der Meisselschneide $P.s = 31·6$ schwedische Fusspfund = 28·2 sächsische Fusspfund = 3·99 mkg; so dass der Nutzeffekt des Fäustelschlages

$$\mu = \frac{3·99 \times 100}{7·05} = 56·6\%$$

beträgt. Stapff führt nun die Druckfestigkeit der Gesteine ein und gelangt auf diese Art zu folgenden Grössen des Gesteinswiderstandes an der Bohrlochssole, welche Grössen er im Vergleiche zu denjenigen bringt, die mit der durch von Sparre aufgestellten Arbeitsformel berechnet wurden.

Nummer	Gesteinsart	Druckfestigkeit in kg pro 1 cm^2	Mechanische Arbeit in mkg pro 1 cm^3 erbohrten Raum	
			nach v. Sparre	nach Stapff
1	Porphy, Melaphyr, Trapp, Basalt und Schwefelkies	2153	84·7	56·5
2	Granit, Gneiss, Sandstein, Kalkstein, Marmor, Stinkstein, Schwefelkies, Eisenerze und derlei Gangarten	731	29·3	20·0
3	Granit, Gneiss, Sandstein, Kalkstein, Marmor, Grauwacke, Blende, Schwefelkies, Bleiglanz, Glimmerschiefer, Quarz u. Eisenspath	299	12·0	9·0
4	Gangarten: als Flussspath, Schwespath, Kalkspath, Eisenspath, Manganspath, Quarz; Erze: als Bleiglanz, Blende, Schwefelkies u. verwiterte Silicat-Bergarten	123	4·9	4·2

Ausserdem berechnet Dr. Stapff aus Angaben über die in verschiedenen Gruben und Gesteinen pro Stunde erbohrten Volumina und aus den pro Stunde abgegebenen und nach Weisbach angenommenen 1000 Fäustelschlägen à 14·1 mkg, die pro kubische Einheit (schwedische Kubikzolle) aufgewendete Fäustelarbeit. Nimmt man weiters mit Weisbach an, dass von dieser physiologischen Arbeit nur die Hälfte, nämlich 7·05 mkg, auf den Bohrer und nach obiger Rechnung nur 3·99 mkg (56·6%) auf die Bohrer-

*) 1 Sächsisches Fusspfund = $0·28319\text{ m} \times 0·5\text{ kg} = 0·1415\text{ mkg}$.

**) 1 schwedisches Pfund = 0·425 kg,
1 schwedischer Fuss = 0·297 m,
1 schwed. Fusspfund = 0·126 mkg,
1 schwed. Kubikzoll = 26·17 cm^3 .

schneide gelangen, so lassen sich aus den Angaben des Dr. Stapff auch noch die folgenden Arbeitsgrößen ableiten.

Nummer	Gesteine	Arbeit an der Meisselschneide in mkg pro 1 cm ³ erhöhten Raum		
		im Min. mkg	im Max. mkg	Durchschnitt aus allen Versuchen mkg
1	7 Fälle: Freiburger Gneiss, fester Steinkohlensandstein, Schiefer von Lüttich und Eschweiler, Rammelsberger Schwefelkies; Gangarten und Erze von verschiedenen schwedischen Eisen- und Kupfergruben	78·8	180·8	108·0*)
2	9 Fälle: Freiburger Gneiss, Steinkohlensandstein, Kalkstein, Rammelsberger Kupfer- und Bleierze, Schemnitzer Grünstein-Porphyr, schwedische Magnetiseneisensteine sammt deren Gangarten	36·6	67·7	44·4
3	10 Fälle: Steinkohlenschiefer, Freiburger Gang- und Erzarten und deren Nebengesteine, Röraaser Kupfererz, feste schwedische Eisenerze	10·3	25·6	16·0

*) Dieses Resultat ist ein auffallend hohes.

3. Angaben von Ober-Bergrath Förster. Der Freiburger Gneiss benötigt effektive mechanische Arbeit:

Nummer	bei	pro 1 cm Lochtiefe	pro 1 cm ³ Bohrlochsraum
		Meterkilogramm	
1	24 mm weiten Bohrlöchern . . .	224	49·5
2	37·5 " " " " . . .	730	66·0
3	68·0 " " " " . . .	1800	49·6
	Mittel		55·03

4. Spezialversuche von Ober-Markscheider Hausse. Nach den Versuchen mittelst eines freifallenden Bohrmeissels benötigte ein 24 mm weites Bohrloch:

Nummer	Gestein	pro 1 cm Lochtiefe	pro 1 cm ³ Bohrlochsraum
		Meterkilogramm	
1	im Hornblende-Porphyr . . .	31·3	70·0
2	im Freiburger Normalgneiss . .	23·0	50·9
3	im festen Kohlensandsteine . .	11·4	25·2
4	in fester sächsischer Steinkohle .	4·1	9·1

Nach einer anderen Erhebung, nämlich der Abbremsung der Brandt'schen Drehbohrmaschine, beansprucht Freiburger Normal-Gneiss 59·6 mkg pro 1 cm³ Bohrlochsraum.

5. Versuche von Preuss. Diese Versuche betreffen drehendes Bohren und wurde der Widerstand mittelst Indikator gemessen; die Bohrlöcher hatten 40—124 mm Weite; es wurden zweierlei Bohrer angewendet, a) Cylinderbohrer (System Brandt), welche einen ringförmigen Schram herstellten, und b) Centrumborher mit voller und zugespitzter Meisselform, welche den vollen Querschnitt des Loches bohrten. Die minimalen, maximalen und mittleren Arbeitsaufwände in Meterkilogramm aus einer grossen Anzahl von Versuchen waren pro 1 cm³ erhöhten Raum in verschiedenen Gesteinen die Folgenden:

Nummer	Gesteinsart	Minimum	Maximum	Mittel aus allen Versuchen
		Meterkilogramm		
1	Roman-Cement von Häring bei Kirchbichel in Tirol	15·33	26·08	20·08
2	Portland-Cement von Häring in Tirol . .	20·50	36·05	25·55
3	Dolomit von Raibl in Kärnten	25·12	43·01	31·01
4	Granit von Milin bei Pöbram in Böhmen	21·49	58·61	41·13
5	Glimmerschiefer vom Arlberge in Tirol .	25·72	58·61	42·54
6	Grünstein von Pöbram	34·51	50·79	42·65
7	Sandstein vom Kleinkogel bei Brixlegg in Tirol	30·28	58·61	44·44
8	Grauwacke von Pöbram und Grünstein-Porphyr vom Joachimsthal in Böhmen	43·30	58·61	50·95
9	Hieraus lässt sich im Mittel für festes Sprenggestein 20·0 mkg für sehr festes " 42·5 " für höchst festes " 51·0 " ansetzen.			

6. Versuche von Hanns Höfer. a) In der sehr festen, feinkörnigen Grauwacke im östlichen Feldorte des zweiten Laufes des Heiligenberger Schachtes zu Pöbram wurden sieben Versuche vorgenommen; die mittlere Lochweite betrug 26·8 mm, die erbohrte Tiefe betrug 231·1 cm; im Durchschnitt wurde nach dem Vergleiche mit den Ergebnissen des Schlag-Indikators pro 1 cm 316 mkg Arbeit, gemessen an der Bohrerbahn, abgegeben, so dass 1 cm³ 56·03 mkg beanspruchte. Der mittlere Nutzeffekt an der Meisselschneide $\mu = \frac{Q}{Q+q}$ beträgt bei einmännischem Bohren nach Dr. Stapff 56·6 %; auf westphälischen Gruben nach Haber 55·0 %; auf belgischen Gruben nach Havrez 54 %; auf schwedischen Gruben nach Nordenström 66 %; es werden daher im Verlaufe dieser Studie 55 % angesetzt werden. Hiernach lieferte der in Rede stehende Höfer'sche Versuch pro 1 cm³ eine Meisselschneidenarbeit von 30·8 mkg.

b) Auf dem zehnten Laufe des Franz Josef-Schachtes steht eines der festesten Gesteine an; es ist dies ein kompakter, quarzitischer Grauwackensandstein mit einzelnen, grösseren Quarzkörnern. In diesem Gesteine wurden zwei Versuche vorgenommen. Der eine ergab für ein Loch von 31·5 cm Tiefe und 25·5 mm Weite pro 1 cm Lochtiefe 519·0 mkg Muskel-Arbeit; es entfällt daher pro 1 cm³ 101·5 mkg physiologische, beziehentlich bei 55 % Nutzeffekt 55·7 mkg Schneidenarbeit.

Der andere Versuch betraf ein Bohrloch von 28 mm Weite und 22·3 cm Tiefe; dieses Loch beanspruchte pro 1 cm Tiefe 747 mkg, also 121·46 mkg Muskelarbeit, beziehentlich 66·8 mkg Schneidenarbeit pro 1 cm³. Das Mittel aus diesen beiden Versuchen beträgt daher 61·3 mkg Schneidenarbeit.

Es sind dies Resultate, welche eine Kontrolle in den beiden Thatsachen finden: a) dass für den Kubik-Meter Stollenauffahrung im Franz Josef-Schachte 23·3 fl. ö. W. und im Heiligenberger Schachte nur 9 fl. ö. W. bezahlt werden und b) dass die obigen Versuche von Preuss in Pöbramer Grauwacke, welche 51 mkg Schneidenarbeit ergaben, nahezu dem Mittelwerth: $\frac{30·8 + 61·3}{2} = 46 \text{ mkg}$ entsprechen.

7. Versuche von Siebeneicher in Berlin. Der Stadtbau-Inspektor Siebeneicher verwendete einen in der „Deutschen Bauzeitung“ abgebildeten Freifall-Apparat von 43.3 kg Gewicht*) und von $2\frac{1}{2}$ cm Fallhöhe zur Erzeugung von Bohrlöchern, welche indess nur 8 cm Tiefe und 25.5—28 mm, also im Mittel 27 mm Weite besaßen und mit einem Kronenbohrer, also einem mangelhaften Instrumente, gestossen wurden. Zieht man diese Umstände der äusserst geringen Fallhöhe und Eigenart der Bohrkronen, sowie die Reibung des Fallapparates in Betracht, so wird es nicht überraschen, dass diese Versuche, 20 an der Zahl, sehr hohe Werthe der aufgewendeten mechanischen Arbeit ergeben mussten und, wie es auch in der Absicht des Experimentators lag, lediglich zu Vergleichswerthen der Festigkeit der abgebohrten Pflastersteine (Zahl der Schläge pro Tiefen-Einheit) dienen konnten. Indess gewährt es immerhin Interesse, die Ergebnisse zu kennen; dieselben betrugen bei gebrannten Ziegelsteinen aus Pest (Minimum) 101.9 mkg und bei dem Porphyr aus Quenast**) (Maximum) 259.0 mkg dynamische Bohrfestigkeit pro 1 cm³ Bohrloch.

Diese Zahlen haben aber, wie nochmals ausdrücklich zu bemerken ist, nur einen Spezialwerth, und sollen daher in der weiter unten folgenden Zusammenstellung unberücksichtigt bleiben.

8. Berechnungen aus den Versuchen von Pascher. Beim Baue des Spitzberg-Tunnels***) hat der Ober-Ingenieur Pascher in Pilsen die Fäustelschläge gezählt, welche pro Mann und pro Meter Bohrloch bei zweimännischem Bohren aufgewendet werden mussten, um mittelst eines 8 kg schweren Fäustels 30 mm weite Bohrlöcher in Quarzit- und Glimmerschiefer herzustellen; diese Zahl beträgt im Mittel 2800. Nach den Schlagindikator-Versuchen von Höfer und nach Untersuchungen, über welche ich bei einer anderen Gelegenheit berichten will, lässt sich die Endgeschwindigkeit v des Fäustelschlages auf die Bahn des Bohrers bei einmännischem Bohren mit rund 7 m, bei zweimännischem Bohren mit rund 8 m veranschlagen. Es lieferte hienach ein Fäustelschlag $a = \frac{Q v^2}{2g} = \frac{8 \times 64}{19.62} = 26.1$ mkg Muskelarbeit. Bei dem zweimännischen Bohren beträgt der Nutzeffekt $\mu = \frac{Q}{Q+q}$ nach Havrez 53 %, nach Nordenström wegen der guten Stahlsorten und der geringen Bohrlochtiefe, also dem geringen Meisselgewichte, sogar 71 %; meine Beobachtungen bei tiefen Löchern, also schweren Meisseln, ergeben nur 53—57 %; es sollen daher auch hier 55 % in Rechnung gestellt werden. Ein zweimännisch arbeitender Bohrhäuer gibt also an der Meisselschneide pro Schlag 14.36 mkg Arbeit ab; für 2800 Schläge beträgt diese Arbeit 40 208 mkg. Das Volumen eines 30 mm weiten Bohrloches beträgt pro 1 m Tiefe desselben 706 cm³; also beansprucht nach annähernder Rechnung 1 cm³ = 57.0 mkg Bohrarbeit.

*) Nach freundlicher Mittheilung des Herrn Regierungsbaumeisters Techow in Berlin.

**) Prof. E. Dietrich. Baumaterialien der Steinstrassen. Berlin 1884, S. 137.

***) „Zeitschrift für Bauwesen“ 1878, S. 179; auch Separat-Ausgabe bei Ernst & Korn, Berlin 1878, S. 11.

9. Berechnungen aus den Versuchen von Nimax. Der Ingenieur Nimax zu Essen hat zum Zwecke der Vergleichung verschiedener Stahlsorten auf dem Schachte Wilhelm der Königin Elisabeth-Zeche bei Essen Bohrversuche vorgenommen, aus deren veröffentlichten Angaben*) ebenfalls die Bohrfestigkeit des dort anstehenden, festen Kohlensandsteines mit annähernder Genauigkeit berechnet werden kann. Es wurden in zwei Versuchsperioden im Ganzen $17.51 \text{ m} + 11.45 = 28.96 \text{ m}$ Bohrloch binnen $2688 + 2375 = 5063$ Minuten abgebohrt. Nach den Indikator-Versuchen von Höfer leistet ein Häuer pro Sekunde der wirklichen einmännischen Bohrarbeit bei vertikalen Löchern im Mittel 6.28 mkg an der Bohrerbahn. Nimmt man nach den Beobachtungen von Höfer ferner an, dass die mittlere Richtung aller Bohrlöcher etwa 40° beträgt, so ist nach den diesfälligen Erhebungen ein Effekt von 66.8 % von dem Vertikalbohren anzusetzen; die Häuerleistung beträgt demnach im Mittel und pro Sekunde 4.15 mkg oder $4.15 \times 0.55 = 2.2825$ mkg an der Bohrschneide, also 136.95 mkg pro Minute. Nachdem jedoch von der verflossenen Bohrzeit nur höchstens 70 % als effektive Bohrzeit berechnet werden können, so sind für die geleistete Schneidenarbeit nur $5063 \times 0.7 \times 136.95 = 485\,364$ mkg in Rechnung zu stellen. Der Bohrloch-Durchmesser ist in der literarischen Quelle leider nicht angegeben, aber es ist dort gesagt, dass Bohrer aus Stahl von 22 mm Durchmesser verwendet wurden; eine solche Stahlstange gibt aber etwa 27 mm Bohrschneide her und eine solche bohrt etwa 31 mm Lochweite; es betrug also in annähernder Genauigkeit die erbohrte Kubatur $7.55 \times 2896 = 21865$ cm³; demnach beträgt der Arbeitsaufwand an der Meisselschneide pro 1 cm³ $\frac{485\,364}{21\,865} = 22.2$ mkg.

10. Beobachtungen beim Baue des Tunnels von Bischofshofen.**) In dem sehr festen Werfener Schiefer dieses Tunnels bohrten zwei Piemontesen im Mittel binnen $3\frac{1}{2}$ Stunden ein Loch von 40 mm Weite = 12.6 cm² Ortsfläche. Die mittlere Tagesleistung eines Arbeiters zu 130 000 mkg angesetzt, gibt pro Stunde der achtstündigen Schicht 16 250 mkg, also für zwei Häuer pro $3\frac{1}{2}$ Stunden den Werth von 113 750 mkg; von dieser Fäustelarbeit gelangen bei zweckmässigen Verhältnissen des Bohrer- und Fäustelgewichtes 55 % an die Schneide, also wirkten vor Ort des Bohrloches 62 562 mkg. Erbohrt wurden im Mittel Löcher von 130 cm Tiefe oder $130 \times 12.6 = 1638$ cm³; es bedurfte also 1 cm³ = 38.2 mkg.

11. Beobachtungen beim Baue des Gollinger Tunnels.***) In dem sehr harten, spröden Kalksteine dieses Tunnels bohrten im grossen Durchschnitte zwei Häuer 285 cm Bohrloch von 25 mm Weite oder rund 5 cm² Ortsfläche binnen vier Stunden ab. Die Schichtdauer betrug 12 Tagewerkstunden oder 10 Arbeitsstunden. Pro Schicht und Mann werden hier 130 000 mkg Leistung, also pro Stunde 13 000 mkg, demnach pro $2 \times 4 = 8$ Arbeitsstunden 104 000 mkg Arbeit gerechnet. Bei 55 % Nutzeffekt repräsentirt dies 57 200 mkg

*) „Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen“ in dem preussischen Staate, Bd. 25 (1877), S. 222.

**) Gültige Mittheilung des Herrn Bau-Inspektors Schubert.

***) Gültige Mittheilung des Herrn Bau-Inspektors Schubert.

Arbeit an der Meisselschneide; also beansprucht 1 cm^3 Bohr-
raum $\frac{57\,200}{285\,5} = 40\cdot1 \text{ mkg}$.

12. Beobachtungen beim Baue des Unter-
steiner Tunnels.*) In dem mittelfesten Thon-
schiefer dieses Tunnels bohrten zwei Mineure die im Mittel
55 cm tiefen und 40 mm weiten Löcher binnen einer Stunde
ab; gearbeitet wurde in zwölfstündigen Schichten à 10 Ar-
beitsstunden; die Schicht 130 000 mkg gerechnet, gibt für
zwei Arbeitsstunden 26 000 mkg Fäustelarbeit oder bei 55 %
Nutzeffekt 14 300 mkg Schneidenarbeit; es erforderte also
in diesem festen Bohrgesteine $1 \text{ cm}^3 \frac{14\,300}{55 \cdot 12 \cdot 6} = 20\cdot6 \text{ mkg}$
Arbeit.

13. Berechnungen nach Havrez **) Dieser In-
genieur hat nach der früher angegebenen Methode in um-
fangreicher Weise die ein- und zweimännische Handarbeit
auf drei verschiedenen Gesteinsarten untersucht. Das Ver-
hältniss zwischen Fäustel- und Bohrgewicht $\mu = \frac{Q}{Q+q}$
ergibt in diesem speziellen Versuchen bei dem einmännischen
Bohren 54 %, bei dem zweimännischen Bohren 53 % Nutz-
effekt an der Schneide. In der folgenden Tabelle sind die
mittleren Ergebnisse dieser Versuche zusammengestellt.

Gestein	Einmännisches Bohren	Zweimännisches Bohren
	Schneidenarbeit pro 1 cm^3 erbohrtes Volumen	
1. mild (Schiefer) . .	6·35 mkg	5·95 mkg
2. fest (Sandstein) . .	16·40 "	13·90 "
3. sehr fest (Sandstein)	48·70 "	37·50 "

Es beansprucht daher im Mittel des ein- und zwei-
männischen Bohrens an Schneidenarbeit:

1. der Schieferthon . . . pro Kubik-Centimeter 6·15 mkg
2. der feste Sandstein . . " " " 15·20 "
3. der höchst feste Sandstein " " " 43·10 "

Die maximalen Werthe betragen ad 1: 7·22, ad 2: 17·10,
ad 3: 68·0 mkg.

14. Beobachtungen beim Baue des St. Gott-
hard-Tunnels.***) Während der drei Monate Jänner, Fe-
bruar und März 1873 wurde auf der Nordseite des St. Gott-
hard-Tunnels der Richtstollen mit zweimännischer Hand-
arbeit betrieben; das Gestein war ungemein fester, gneissiger
Granit. Es wurden im Durchschnitte pro laufendem Meter
Stollen 92·43 m Bohrloch mittelst Bohrern von 30 mm zu
35 mm Schneidenlänge, also (mit Rücksicht auf den Spiel-
raum) von etwa 37·5 mm Weite oder $11\cdot0 \text{ cm}^2$ Querschnitt
abgebohrt und dabei 8 Mineure gleichzeitig durch 95·9 Ar-
beitsstunden verwendet; die Schichtdauer war achtstündig.
Das erbohrte Gesteinsvolumen beträgt $9243 \times 11\cdot0 =$
 $= 101\,673 \text{ cm}^3$. Die Arbeitsschicht zu 130 000 mkg gerechnet,
kommt auf die Stunde Arbeit eines Mineurs 16 250 mkg;
diese geben bei 55 % Nutzeffekt (das Fäustelgewicht betrug
5·5 kg, das mittlere Bohrrergewicht 4·5 kg, also $\mu = \frac{Q}{Q+q} =$

*) Gültige Mittheilung des Herrn Bau-Inspectors Schubert.

**) „Revue universelle des mines“, 1876, S. 519.

***) Nach freundlicher Mittheilung der Daten Seitens des Herrn
Baurathes Prof. Dolezalek.

$= \frac{5\cdot5}{10} = 0\cdot55$) an der Meisselschneide nur 8937·5 mkg Arbeit
ab; es beanspruchte daher die Ausbohrung des Gesteins
pro 1 cm^3 Bohrlochraum

$$\frac{8937\cdot5 \cdot 95\cdot8}{101\,673} = 67\cdot4 \text{ mkg Arbeit.}$$

Die gesammten Auffahrungskosten des Stollens be-
trugen hier Frs. 33·1 pro 1 m^3 .

15. Beobachtungen beim Baue des Kehr-
tunnels nächst Leggistein. *) Bei diesem Tunnel
wurden innerhalb der Zeit vom November 1875 bis April
1876 im Mittel pro 1 m Stollen 41·02 m Bohrloch von 35 mm
Weite oder $9\cdot6 \text{ cm}^2$ Querschnitt abgebohrt und dafür 244·4
Mineur-Arbeitsstunden verwendet; das Gestein ist ungemein
harter Augengneiss und ungemein harter, kompakter Gneiss-
Granit. Die erbohrte Kubatur beträgt $4102 \cdot 9\cdot6 = 39\,379 \text{ cm}^3$.

Die aufgewendete, annähernd berechnete Arbeit an

der Meisselschneide beträgt also $\frac{244\cdot4 \cdot \frac{130\,000}{8} \cdot 0\cdot55}{39\,379} = 55\cdot5 \text{ mkg}$
pro 1 cm^3 Bohrlochsraum. Die gesammten Auffahrungskosten
betrugen hier Frs. 30·4 pro 1 m^3 Stollenraum.

16. Beobachtungen beim Baue des Kehrtunnels
nächst Wattingen. **) Bei diesem Tunnelbaue erforderte
der laufende Meter Stollen mittelst Handbetrieb im Mittel
37·725 m Bohrloch von 35 mm Weite und $9\cdot6 \text{ cm}^2$ Quer-
schnitt; dafür mussten im Mittel 209·6 Mineur-Arbeits-
stunden aufgewendet werden; es beanspruchte also die Aus-
bohrung eines Kubik-Centimeters des ungemein festen, fein-
körnigen und kompakten Gneiss-Granites annähernd an
Schneidearbeit

$$\frac{209\cdot6 \cdot 8937\cdot5}{3772\cdot5 \cdot 9\cdot6} = 51\cdot7 \text{ mkg.}$$

Die gesammten Auffahrungskosten betrugen hier im
Durchschnitte Frs. 25·2 pro 1 m^3 Stollenraum. Es bieten
auch die hier mitgetheilten Auffahrungskosten der drei
Stollen einen in der folgenden Tabelle übersichtlich ge-
machten Anhalt zur Beurtheilung der Gesteinsfestigkeit:

Numer	Gegenstand	Gotthard	Leggistein	Wattingen
1	Bohrfestigkeit in Meterkilo- gramm Arbeit pro 1 cm^3 .	67·4	55·5	51·7
2	Kosten in Francs pro 1 m^3 .	33·1	30·4	25·2

Die Werthe „Kosten, getheilt durch Bohrfestigkeit“
betragen also in allen drei Fällen nahezu 0·5.

17. Berechnungen nach den Versuchen von
Haber. Der Herr Berg- und Hütten-Direktor C. Haber
zu Ramsbeck in Westphalen hat die ganz besondere Güte
gehabt, für die Zwecke der vorliegenden Studie umfangreiche
Beobachtungen auf den Gruben seines Verwaltungsbezirkes
vornehmen zu lassen, wofür ich demselben hiemit bestens
danke. Das Gestein ist sehr und höchst feste Grauwacke und
ungemein fester Grauwackenschiefer. Die überaus grosse Bohr-

*) Nach freundlicher Mittheilung der Daten Seitens des Herrn
Baurathes Prof. Dolezalek.

**) Nach freundlicher Mittheilung der Daten Seitens des Herrn
Baurathes Prof. Dolezalek.

festigkeit der westphälischen Grauwacke und deren Schiefer sind in bergmännischen Kreisen sattem bekannt und ist insbesondere die Festigkeit der Grauwacke auf der Grube Alexander die höchste des Ramsbecker Revieres. Für die Berechnung der Fäustelschläge wurde eine mittlere Endgeschwindigkeit von 7.0 m angesetzt; es ergibt dieselbe in Verbindung mit dem Fäustelgewichte Q und dem Bohrer- gewichte q nach a in $mkg = \frac{Q^2 v^2}{(Q+q) \cdot 2g}$ Werthe von 2.54 bis 2.77 mkg pro Schlag bei den dort angewendeten leichten Fäustelgewichten von 1.75 bis 2.00 kg .

Versuche auf vier Ramsbecker Gruben.

1. Namen der Gruben	Alexander	Doernberg	Bastenberg	Aurora
2. Gesteinsart	höchst feste Grauwacke	höchst feste Grauwacke	höchst fester Grauwackenschiefer	höchst fester Grauwackenschiefer
3. Zahl der Bohrlöcher pro achtstündige Schicht	2	2	3	3
4. Gesammttiefe dieser Löcher cm	97	107	141	135
5. Durchmesser der Bohrlöcher mm	25	25	25	27
6. Erbohrtes Volumen pro Schicht cm^3	476.3	525.4	692.3	772.9
7. Fäustelgewicht Q kg	2.00	2.00	1.75	1.75
8. Mittleres Bohrer- gewicht q kg	1.60	1.60	1.40	1.25
9. Zahl der abgegebenen Fäustelschläge pro Schicht n	19 200	11 213	16 200	13 230
10. Arbeit pro Schlag an der Meisselschneide a mkg	2.77	2.76	2.42	2.54
11. Gesamte Bohrarbeit pro Schicht $a \times n$ mkg	53 184	30 948	39 204	33 604
12. Daher Arbeit pro 1 cm^3 Bohrloch . . . mkg	111.6*)	58.8	56.6	43.4

18. Berechnungen nach den Versuchen von Makuc. Ebenso hatte auch der Herr Bergwerks-Direktor Makuc zu Bleiberg in Kärnten die ganz besondere Güte, für die Zwecke der vorliegenden Studie Bohrversuche vornehmen zu lassen, für welche Bemühung ich hiedurch ebenfalls bestens danke. Das Bleiberger Gestein ist ein dichter Kalkstein von 2.6 spezifischem Gewichte, welcher sich leicht bohren, aber überaus schwer sprengen lässt.

Das Fäustelgewicht ist ein sehr geringes und beträgt 1.25 kg . Das mittlere Bohrer- gewicht 1.50 kg , der Arbeits- werth eines Fäustelschlages (angenommen $v = 7$ m Endgeschwindigkeit) beträgt daher an der Meisselschneide a in $mkg = \frac{Q^2 v^2}{(Q+q) \cdot 2g} = 1.40$ mkg . Die Schichtdauer beträgt 9 Stunden; für Ein- und Ausfahrt und den damit zusammenhängenden Zeitverlust werden 1^h 40' gerechnet, so dass die eigentliche Schichtdauer 7^h 20' beträgt. Während derselben bohrt ein Häuer fünf seichte Löcher von 24 $\frac{1}{2}$ mm Weite und 200 cm Gesammttiefe, also 942 cm^3 Volumen, woraus von selbst die geringe Bohrfestigkeit erhellt. Der Häuer macht im Mittel mehrerer Beobachtungen pro Schicht

*) Dieses Resultat ist ein aussergewöhnlich hohes.

10 700 Schläge, gibt also beim Bohren 14 980 mkg Arbeit an die Meisselschneide ab. Daher resultirt eine Bohrarbeit von 15.8 mkg pro 1 cm^3 Bohrraum.

19. Schwedische Versuche; nach Nordenström. Diese Versuche sind wegen ihres bedeutenden Umfanges und wegen der Spezialbeobachtung einer grossen Reihe von Faktoren, namentlich aber auch wegen des von A. Andree beobachteten Zeitverhältnisses der einzelnen Perioden des Fäustelschlages, von ganz besonderer Wichtigkeit; die gefundenen Mittelwerthe des effektiven Arbeitsaufwandes an der Meisselschneide sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Nummer	Grube	Gestein	Arbeitsaufwand in mkg pro 1 cm^3 Bohrloch beim	
			Nassbohren	Trockenbohren
1	Grube Striberg	Granulit und quarziger Hämatit	71.0	43.6
2	„ Norberg	do.	39.9	—
3	„ Bersbo	Granulit und quarziges Kupfererz	57.9	21.1
4	„ Dannemora	Kalkstein u. Magnet- eisenstein	42.1	33.3
5	Steinbr. Stadsgården	Granit und Gneiss	23.2	—

III. Mittlerer Arbeitsaufwand beim Bohren der Sprenglöcher in den verschiedenen Gesteinskategorien.

Bekanntlich werden zur Zeit im Erdbau, im Tunnelbau und im Bergbau vier Hauptgruppen der Boden- und Gesteinskategorien unterschieden: nämlich I. der Stichboden, II. der Hackboden, III. das Gebräche-Gestein und IV. das Sprenggestein. Für den speziellen Zweck der näheren Klassifikation der Bohrfestigkeit ist es nothwendig, in den beiden Gruppen III und IV Unterabtheilungen zu bilden, wobei zu bemerken ist, dass in dem gebrächen Gesteine (III) die Sprengarbeit nur ganz ausnahmsweise und immer nur als vereinzelte Hilfsarbeit erscheint, diese Gruppe jedoch hier mit in Betracht gezogen werden muss, weil ihre Werthe der milden Bohrfestigkeit für das vergleichende Studium von Bedeutung sind. Es entsteht dann folgende, den Bedürfnissen der Praxis angepasste Klassifikation.

Nummer der Gesteinskategorie	Bezeichnung des Gesteins in der Praxis	Art der Gewinnung	Kriterien der Praxis und der Wissenschaft		
			Beiläufige Zahl der Schüsse pro Schicht	Annähernde Druckfestigkeit in kg pro 1 cm^2	Annähernde Scheerfestigkeit in kg pr. 1 cm^2
IIIa	Mürbes, gebräches Gestein	brechen	—	100 bis 150	1 bis 15
IIIb	Festes, gebräches Gestein	brechen, Schüsse ganz vereinzelt	—	150 „ 300	15 „ 30
IVa	Festes Spreng- gestein	sprengen	3 bis 5	300 „ 500	30 „ 50
IVb	Sehr festes Spreng- gestein	„	2 „ 3	500 „ 800	50 „ 80
IVc	Höchst festes Sprenggestein .	„	1 „ 2	800 „ 2000	80 „ 200

Werden nun die obigen Versuchsergebnisse auf Grund praktischer Anschauungsweise nach dieser Kategorisirung geordnet, so resultiren folgende Mittelwerthe der Bohrfestig-

keit, ausgedrückt durch den auf die Bohrerschneide bezogenen Aufwand mechanischer Arbeit in Meter-Kilogrammen pro 1 cm³ Bohrvolumen:

Nummer	Beobachtung	Gesteins-Kategorie				
		IIIa	IIIb	IVa	IVb	IVc
1	Coquilhat	1·9	4·5	11·3	44·5	88·0
2	Sparre	—	4·9	12·0	29·3	84·7
3	Stapff I	—	4·2	9·0	20·0	56·5
4	Stapff II	—	—	16·3	44·4	108·0
5	Förster	—	—	—	—	55·0
6	Hausse	—	—	—	—	50·9
7	"	—	—	—	—	59·6
8	"	—	9·1	25·2	—	70·0
9	Preuss	—	—	20·0	42·5	51·0
10	Höfer	—	—	—	30·8	—
11	"	—	—	—	—	55·5
12	"	—	—	—	—	66·8
13	Spitzberg-Tunnel	—	—	—	—	57·0
14	Zeche Elisabeth bei Essen	—	—	22·2	—	—
15	Tunnel bei Bischofshofen	—	—	—	38·2	—
16	" bei Golling	—	—	—	40·1	—
17	" am Unterstein	—	—	20·6	—	—
18	Versuche von Havrez	—	6·2	15·2	43·1	—
19	St. Gotthard-Tunnel	—	—	—	—	67·4
20	Tunnel bei Leggistein	—	—	—	—	55·5
21	" bei Wattingen	—	—	—	—	51·7
22	Grube Bastenberg und Aurora bei Ramsbeck	—	—	—	43·4	56·6
23	Grube Doernberg bei Ramsbeck	—	—	—	—	58·8
24	Grube Alexander bei Ramsbeck	—	—	—	—	111·6
25	Bleiberger Gruben in Kärnten	—	—	15·8	—	—
26	Grube Bersbo in Schweden	—	—	21·1	—	57·9
27	Steinbruch Stadsgården bei Stockholm	—	—	23·2	—	—

Nummer	Beobachtung	Gesteins-Kategorie				
		IIIa	IIIb	IVa	IVb	IVc
28	Grube Dannemora in Schweden	—	—	—	37·7	—
29	" Norberg " "	—	—	—	39·9	—
30	" Striberg " "	—	—	—	43·6	71·0
31	Arithmetisches Mittel . mkg	1·9	5·8	17·7	38·3	66·7
32	Demnach kann dermalen in abgerundeter Weise die Bohrfestigkeit pro 1 cm ³ in mkg angesetzt werden	2·0	6·0	18·0	39·0	67·0

Aus dieser Zusammenstellung lässt sich entnehmen: a) dass die gebräuchlichen Gesteine eine durchschnittliche Bohrfestigkeit von 2—6 mkg pro 1 cm³ Bohrraum besitzen, also am vortheilhaftesten nicht mit dem theueren Sprengstoffe, sondern besser mit Keil, Brechstange und Keilhaue gewonnen werden; b) dass die eigentliche Sprengarbeit erst bei Gesteinen mit mehr als 6 mkg Bohrfestigkeit beginnt und c) dass diese Sprenggesteine zwischen 18 und 67 mkg durchschnittliche Bohrfestigkeit pro 1 cm³ besitzen. Auch liefert d) diese Tabelle den Nachweis der grossen Verschiedenheit der Gesteine in Betreff der Gewinnungskosten, deren Haupttheil die Herstellung der Bohrlöcher ist. Endlich ist e) darauf aufmerksam zu machen, dass, nach den epochalen Versuchen von Bauschinger, die auf den Quadrat-Centimeter bezogene Druckfestigkeit etwa den 16- bis 24fachen, im Mittel etwa den 20fachen Zahlenwerth und die Scheerfestigkeit etwa den doppelten Zahlenwerth der auf den Kubik-Centimeter bezogenen Bohrfestigkeit der Sprenggesteine besitzt. Eine Anwendung dieser hier vorgeführten Resultate der Bohrfestigkeit auf die Theorie und Praxis des Bohrens der Sprenglöcher soll in einem nächsten Artikel besprochen werden.

Zur Frage der Lokalbahnen niederer Ordnung in Oesterreich und insbesondere in Mähren.

Von Alfred Lorenz, o. ö. Professor an der technischen Hochschule in Brünn.

In Folge eines vom mährischen Landtage in seiner Sitzung vom 20. Dezember 1887 gefassten Beschlusses, wonach der Landesausschuss mit dem Studium der Frage beauftragt wurde, in welcher geeigneten Weise die Anlage von Lokalbahnen mit vorwiegender Benützung bestehender Strassenkörper in Mähren zu fördern wäre, wurde der Verfasser vom Landesausschusse ersucht, hierüber ein Gutachten abzugeben, wobei ihm gleichzeitig die Mittel zu Gebote gestellt wurden, eine Reise nach Deutschland zum Studium derartiger ausgeführter Bahnen unternehmen zu können.

Nachdem die auf dieser Reise gesammelten Beobachtungen und Erfahrungen auch einem weiteren Kreise von Fachgenossen einiges Interesse bieten dürften und der löbl. Landesausschuss zu einer Veröffentlichung des Gutachtens bereitwilligst seine Zustimmung gegeben hat, so erlaubt sich der Verfasser dasselbe sammt dem Reiseberichte nachstehend mitzutheilen.

Hinsichtlich des Resultates der in dieser Frage eingeleiteten Aktion wäre zu erwähnen, dass der mährische Landtag in seiner Sitzung vom 5. Oktober 1888 den auf Basis des nachstehenden Gutachtens erstatteten Bericht des Landesausschusses und des Kommunikations-

ausschusses zur Kenntnis genommen und den Landesausschuss beauftragt hat: Zur Förderung des Baues von Lokalbahnen niederer Ordnung technische und kommerzielle Erhebungen über einzelne sich als besonders wünschenswerth darstellende Linien zu pflegen und über das Ergebnis seiner diesbezüglichen Thätigkeit dem h. Landtage in der nächsten Session zu berichten.

Das Gutachten lautet:

Die Ursache, dass sich der Wohlstand in vielen Gegenden eines Landes in den letzten Jahrzehnten, während der Zeit der Ausbreitung der Eisenbahnnetze, nicht nur nicht gehoben hat, sondern dass derselbe sogar zurückgegangen ist, und selbst in einzelnen Gegenden, wo früher Industrie und Wohlstand blühten, gegenwärtig Nothstände bestehen, liegt hauptsächlich darin, dass diese Gegenden von dem modernen Transportmittel unseres Jahrhunderts ausgeschlossen wurden und daher die Konkurrenz mit den an den grossen modernen Verkehrsstrassen gelegenen Orten nicht vertragen können.

Bis vor verhältnissmässig wenigen Jahren hat man bei der Anlage von Eisenbahnen nur einen grossen Verkehr im Auge gehabt und getrachtet, die grossen Handels- und In-

dustriestädte, je nach den Terrainverhältnissen, in der möglichst kürzesten Linie, ohne Rücksicht auf die lokalen Verhältnisse der in der Nähe der Linie gelegenen kleineren Ortschaften und Gegenden, miteinander zu verbinden.

Es wäre jedoch ein Unrecht zu glauben, man sei sich damals schon bewusst gewesen, dass diese Anschauungen einen Nachtheil für die entfernt von diesen Bahnen liegenden Gegenden und Ortschaften bringen können. Der Grund lag lediglich nur in der Ansicht, dass die Eisenbahnen ein viel zu kostspieliges Beförderungsmittel seien, um auf die lokalen Verhältnisse Rücksicht nehmen zu können, ferner und hauptsächlich in der Voraussetzung, dass die Ergänzung und Neuherstellung gewöhnlicher Strassen als Verbindungswege dieser Gegenden mit den Linien der Eisenbahnen genügen werde, um sie an den Vortheilen des neuen Kommunikationsmittels der Eisenbahnen mit dem gleichen Erfolge theilnehmen lassen zu können und vor dem Nothstande zu schützen.

Nachdem man sich in den späteren Jahren die Ueberzeugung verschaffte, dass mit diesen grossen Bahnen allein den volkswirtschaftlichen Bedürfnissen eines Landes nicht genügend Rechnung getragen wird, ferner man in technischer Beziehung die Erfahrung machte, dass auch mit einem geringeren Bau- und Betriebskapital Eisenbahnen gebaut und betrieben werden können, ohne deren Charakter als Eisenbahn zu verlieren, wurden Lokalbahnen in's Leben gerufen, welche die Aufgabe hatten, den lokalen Verhältnissen näher zu rücken, soweit dies die zu erwartenden Verkehrsmengen, mit den Bau- und Betriebskosten dieser Bahnen in Einklang stehend, erlaubten.

Auch diese Lokalbahnen, welche nur wenig vom Charakter der Hauptbahnen abwichen, konnten noch immer für sehr viele Gegenden keine Hilfe bringen, indem diese Gegenden einen derart geringen Verkehr versprochen, dass an die Anlage dieser Bahnen weder von Seite des Staates oder des Landes, noch von Seite der Privatspekulation — aus volkswirtschaftlichen und ökonomischen Gründen — gedacht werden konnte.

Erst in den letzten 10 bis 15 Jahren ist es in Folge der Erfahrungen und Fortschritte im Eisenbahnwesen und Lokomotivbau, gelungen, Verkehrsmittel zu schaffen, welche, selbst bei den geringsten Verkehrsmengen, noch immer die Betriebskosten und eine bescheidene Verzinsung des Anlagekapitals zu decken im Stande sind. Es sind dies die Lokalbahnen untergeordnetsten Ranges, welche die bestehenden Strassen theilweise benützen und sich von den Haupt- und Lokalbahnen wesentlich durch die bedeutend geringere Fahrgeschwindigkeit, durch kleinere Züge und endlich durch einfacheren Bau und ebensolche Betriebsführung unterscheiden.

Während je nach der Terrainbeschaffenheit die Hauptbahnen ein Anlagekapital pro 1 km von 80 000—150 000 fl., die gewöhnlichen Lokalbahnen, wie diese in den letzten Jahren in Oesterreich ausgeführt wurden, ein solches von 60 000—90 000 fl. benöthigen, betragen die Anlagekosten dieser Bahnen untergeordneten Ranges (Strassenbahnen), je nach der Terrainbeschaffenheit und je nach der Wahl zwischen Schmal- und Normalspur, 16 000—40 000 fl. pro 1 km, so dass, wenn man das Mittel mit 25 000 fl. und die Betriebs-

kosten mit 1000 fl. pro 1 km nimmt, bloss der geringe Verkehr von 2000 fl. kilometrischen Einnahmen benöthigt wird um das Anlagekapital mit 4% zu verzinsen. Diese Bahnen sind die Zukunftsbahnen für alle jene Gegenden und Ortschaften, welche in Folge ihres geringen bloss lokalen Verkehrs von den Erfolgen der grossen Bahnen ausgeschlossen sind, und können in einem Staate kaum mehr entbehrt werden, wenn einzelne Gegenden nicht der Verarmung ganz preisgegeben werden sollen.

Die Richtigkeit dieser Anschauung beweisen nicht nur die während der letzten Jahre gemachten Anstrengungen der verschiedenen Regierungen: durch Erleichterungen im Bau und Betrieb, durch finanzielle Theilnahmen und durch entsprechende, bestimmte Gesetzgebungen die Anlage dieser Bahnen soviel als möglich zu fördern, sondern auch die günstigen Erfolge, welche diese Anstrengungen der Regierungen vieler Staaten hatten.

Bevor nun an die Beantwortung der Frage: „welche Mittel zur Förderung derartiger Bahnen anzuwenden wären, gegangen werden kann, wird es vor allem Anderen nöthig, die in den verschiedenen Ländern bestehenden Gesetze über die Lokalbahnen mit den Erfolgen und Wirkungen zu vergleichen, um dann im Einklang mit dem bei uns bestehenden Lokalbahngesetze die zur Förderung dieser Bahnen zweckentsprechend erscheinenden Mittel benützen und in Antrag bringen zu können.

Obwohl das im vergangenen Jahre am 7. Juni erschienene neue Gesetz für die Anlage und den Betrieb von Lokalbahnen sehr bedeutende Erleichterungen gewährt, welche zur Förderung der Lokalbahnen viel beitragen werden, dürfte dasselbe noch immer nicht den Erfolg für die Anlage der Lokalbahnen niederster Ordnung, d. i. für die Strassenbahnen haben, wie er für sehr viele Gegenden gegenwärtig schon eine Lebensfrage ist.

Die Ursache liegt vor Allem in dem Umstande, dass der Begriff der Strassenbahnen in dem Gesetze nicht genug sicher festgesetzt wird und diese Art Bahnen gleich den gewöhnlichen Lokalbahnen behandelt werden; ferner in den Artikeln III, VII und hauptsächlich X, welche von den Tarifbestimmungen, der Geldbeschaffung, bezw. der Theilnahme des Staates und des Landes an derselben, endlich von der Benützung des Strassenkörpers für die Anlage der Bahnen handeln.

Obwohl nach dem Gesetze die Regierung ermächtigt ist, von Fall zu Fall die weitgehendsten Erleichterungen nach ihrem Ermessen zu gewähren, so gibt diese Ermächtigung noch immer keine genügende Ermunterung zur Anlage derartiger Bahnen. Wenn auch von einzelnen Interessenten die Anlage einer zweckmässigen Bahn angeregt wird, so findet diese bei den Gemeinden und Einwohnern kein ernstliches Entgegenkommen, da das Vertrauen, dass die Regierung und das Land sich thatsächlich an dem Zustandekommen theilnehmen werden, fehlt.

Würde in dem Gesetze definitiv ausgesprochen sein, dass die Regierung und das Land, wenn sie den Nutzen einer Bahn erkennen, und die Gemeinden und andere Interessenten an der Geldbeschaffung sich theilnehmen, unter

allen Verhältnissen sich gleichfalls durch Subventionen à fonds perdu oder durch Uebernahme von Aktien betheiligen, so würde gewiss das Vertrauen geweckt sein und von Anfang an die Betheiligung der ganzen Bevölkerung zur Förderung der Anlage dieser Bahnen eine allgemeine und erspriessliche sein.

Was die der Regierung von Fall zu Fall anheimgegebene Tarifbestimmung anbelangt, so wirkt diese insofern hemmend, als Bahnen niederer Ordnung, besonders Strassenbahnen, ausgenommen der Bestimmung eines Maximal-Tarifes, keine innerhalb bestimmter Grenzen sowohl der Höhe als Zeit nach festgesetzten Tarife vertragen. Die Tarife einer Lokalbahn niederer Ordnung dürfen sich immer nur nach den lokalen Verhältnissen, nach der Nachfrage etc., ohne Rücksicht auf die Höhe und Zeitdauer, richten, wenn die Bahn überhaupt ein Erträgniss abwerfen soll.

Die Ermächtigung: Erleichterungen, betreffend die Bestimmung der Tarifrung zu gewähren, war auch schon in dem früheren Gesetze vom 25. Mai 1880, Artikel IV, ausgesprochen. Die Regierung hat auch bei der Konzessionirung der ersten Bahnen von dieser Ermächtigung Gebrauch gemacht und bedeutende Erleichterungen in dieser Hinsicht gewährt; doch ist sie nach und nach von diesem Prinzip abgegangen; diese Erleichterungen wurden stets geringer und die Regierung ging schliesslich so weit, die Ertheilung einer Konzession an die Bedingung zu knüpfen, dass der Konzessionär keinen Einfluss auf die Festsetzung der Tarife nehmen solle, wie dies aus den Konzessionsurkunden vom 2. August 1882 für die Lokalbahn Ebenfurt-Leobersdorf und vom 2. Jänner 1883 für die Lokalbahn Bistritz-Meseritsch ersichtlich ist.

Dass durch diese Bestimmungen das Vertrauen zu den in dem Gesetze ausgesprochenen Erleichterungen vermindert wurde, beweist die Thatsache, dass in den letzten Jahren in der Anlage derartiger Bahnen nicht nur kein Aufschwung zu verzeichnen ist, sondern ein beinahe vollständiger Stillstand eintrat.

In Betreff der Strassenbenützung für die Lokalbahnen gestattet das Gesetz, Artikel X, die Benützung der Reichsstrassen; was jedoch andere öffentliche Strassen anbelangt, so können diese nur mit Zustimmung der zur Erhaltung Verpflichteten, bezw. jener Behörden oder Organe, welche zur Ertheilung der Zustimmung berechtigt sind, zur Anlage von Lokalbahnen in Anspruch genommen werden. Bei dem Umstande nun, dass die Anzahl und Länge der Staatsstrassen gegenüber den Bezirks- und Gemeindestrassen in den einzelnen Ländern nur eine sehr geringe ist, wird durch das Gesetz die Anlage der Strassenbahnen entweder unmöglich gemacht, oder diese nur durch langwierige Verhandlungen und bedeutende Opfer von Seite der Interessenten durchführbar.

Die Anlage von Bahnen untergeordneter Ordnung wird besonders durch die Benützung der bestehenden Strassen gefördert, indem nur dadurch das Anlagekapital ein geringeres, bezw. dieses mit der anzuheffenden Verkehrseinnahme in Einklang gebracht werden kann. Da nun hiebei hauptsächlich die Bezirks- und Gemeindestrassen in Folge ihrer bedeutend grösseren Anzahl gegenüber den Staats-

strassen in Berücksichtigung kommen, diese jedoch, in den einzelnen Strecken eines Strassenzuges verschiedenen Bezirken und Gemeinden angehören, so kann bei dem geringen Verständniss der Bevölkerung für die Sache die Opposition einer einzigen kleinen Gemeinde genügen, die Anlage einer solchen Bahn, welche mehrere Bezirke oder Gemeinden durchziehen soll, zu verhindern oder derselben die grössten Schwierigkeiten zu bereiten.

Die Erscheinung, dass in der Ausbreitung der Anlage von Lokalbahnen niederer Ordnung, trotzdem deren Nothwendigkeit und Erspriesslichkeit allenthalben erkannt war, keine Fortschritte gemacht wurden, wie dies gegenwärtig in Oesterreich der Fall ist, trat auch in den übrigen Staaten des Kontinentes zu Tage.

Auch dort waren die Regierungen bemüht, auf gesetzlichem Wege für diese Bahnen Erleichterungen für den Bau und Betrieb zu gewähren, welche sich auch dort als ungenügend erwiesen haben, indem die Ausbreitung derselben stets in ganz ungenügendem Verhältniss zu der Anzahl der nothleidenden Gegenden, bezw. der nöthigen Bahnen, blieb. Erst, als die Regierungen mit bestimmten Gesetzen über die Geldbeschaffungen, pekuniären Hilfeleistungen, mit den weitgehendsten Bestimmungen über den Heimfall der Bahnen und der Uebernahme derselben von dem Staate, über Tarife, endlich über ausgedehnte Freiheiten für die Verwaltung des Betriebes hervortraten, war die Frage gelöst und die Anlage derartiger Bahnen machte nicht nur die überraschendsten Fortschritte, sondern brachte auch den Staaten, Ländern und Gemeinden sowohl in volkswirtschaftlicher, als in pekuniärer Hinsicht Nutzen.

Während Oesterreich gegenwärtig bloss gegen 70 km Lokalbahnen (deren effektive Baukosten höchstens 50 000 fl. pro 1 km betragen), d. h. Lokalbahnen niederer Ordnung besitzt, bestehen derartige Bahnen in Deutschland beiläufig 250 km, in Belgien 240, in den Niederlanden 550, in Frankreich 2000 km in Betrieb und sind selbe, wie die Nachrichten und statistischen Ausweise zeigen, in fortschreitender Ausdehnung begriffen, wobei weiter zu bemerken ist, dass von diesen Bahnen, besonders in Frankreich, Belgien und Deutschland ein bedeutender Prozentsatz schmalspurig angelegt ist.

Zu diesen Fortschritten haben nicht nur, wie früher erwähnt, die entstandenen und nach und nach den Verhältnissen angepassten Lokalbahngesetze, sondern auch der Umstand beigetragen, dass die einzelnen Regierungen nicht nur bestrebt waren, selbst die ersten Schritte zur Förderung der Bahnen zu übernehmen, sondern auch den Vorgang der Geldbeschaffung gesetzlich regelten und sich selbst daran betheiligten.

Die Mittel, wie dieser Zweck erreicht wurde, sind in den einzelnen Staaten verschieden. In Frankreich, wo die ersten Versuche mit der Anlage derartiger Bahnen in das Ende der Fünfziger-Jahre fallen, wurde, nach dem Gesetze vom Jahre 1865, der Bau dieser Bahnen in die Hände der Departements und Gemeinden gelegt, zu welchem Zwecke gestattet wurde, die Herstellung mittelst Zuschlägen zu den direkten Steuern zu ermöglichen und gewährte der Staat hiezu weitere Subventionen. In den späteren Jahren, besonders im Jahre 1882, gelegentlich des Abschlusses der

Konventionen zwischen dem Staate und den grossen Eisenbahngesellschaften, wurden die letzteren verpflichtet, eine bestimmte Anzahl der Lokalbahnen auf Rechnung des Staates zu bauen, zu den Herstellungskosten 25 000 Frs. pro 1 km beizutragen und die fehlenden Summen zu den Herstellungskosten, welche vom Staate vorgestreckt wurden, innerhalb der nächsten 74 Jahre, d. i. bis zum Eintritte des Heimfalles, sammt Zinsen und Amortisation in festen Jahresraten zurückzuerstatten.

Zur Förderung jener Lokalbahnen, welche nach dem früheren Gesetze den grossen Gesellschaften nicht zugewiesen waren, erschien im Jahre 1882 ein weiteres Gesetz, nach welchem der Staat für den Bau zwar keine Unterstützung gewährt, jedoch den Konzessionären, für den Fall, als die Betriebs-Einnahmen nicht hinreichen, um die Betriebskosten zu decken und das Anlagekapital mit 5% zu verzinsen, eine entsprechende Subvention je nach dem Charakter der Lokal- oder Strassenbahn bewilligt, unter der Bedingung: dass die konzessionirenden Gemeinden oder Departements eine gleich hohe Subvention gewähren, welche Unterstützungen, sobald der Reinertrag eine 6%ige Verzinsung der Baukosten erweist, zurückzuerstatten seien. Ausserdem sind in dem Gesetze bedeutende Erleichterungen in Betreff der Steuern, des Baues, des Betriebes und der Tarife vorgesehen.

Nach dem belgischen Gesetze für Nebenbahnen vom Jahre 1884 übernimmt der Staat einen Theil der Bausumme in Aktien, wenn die Provinzen, Gemeinden und Interessenten den Resttheil in auf den Namen lautenden nicht verkäuflichen Aktien übernehmen.

Zu diesem Zwecke wurde von der Regierung unter der Firma „Société nationale des chemins de fer vicineau“ eine Aktiengesellschaft mit dem Sitze in Brüssel gegründet, welche dem Staate, den Provinzen und Gemeinden für derartige Bahnbauten billiges Geld, in 90 Jahren zurückzahlbar, zur Verfügung stellt und den Bau und Betrieb dieser Bahnen derart übernimmt, dass der Staat, die Provinzen und Gemeinden, als die eigentlichen Aktionäre, ihre Vertrauensmänner in die Verwaltung senden und auf diese Art nicht nur auf den Bau, sondern auch auf den Betrieb ihren ganzen Einfluss zur Ermöglichung der günstigsten Rentabilität ausüben im Stande sind.

Ausser der Bestimmung über die Kapitalsbeschaffung für den Bau derartiger Bahnen sind in dem Gesetze die Erleichterungen für den Bau und für den Betrieb angegeben, ferner eine Ermässigung und der Nachlass der Steuer- und Stempelgebühren ausgesprochen, endlich die Benützung der verschiedenen Strassenarten festgesetzt und geregelt. Das Gesellschaftskapital der Société nationale richtet sich nach der jeweiligen Höhe des Anlagekapitales der zu erbauenden Linien und wird in so viele Serien von Aktien getheilt, als Linien konzessionirt werden.

Jede Aktienserie hat den Anspruch auf den Reingewinn derjenigen Linie, auf welche sie sich bezieht. Wenigstens zwei Drittel der Aktien jeder Serie, bzw. des Baukapitals der zu erbauenden Linie, müssen vom Staate, den Provinzen und Gemeinden gezeichnet sein, wenn diese konzessionirt werden soll, und die Aktionäre haften für einen etwaigen Verlust

nur in der Höhe ihrer Betheiligung an dem Gesellschaftskapitale. Alle Aktien lauten auf 1000 Frs.; die Einzahlungen finden zu der vom Verwaltungsrathe festgesetzten Zeit statt, doch können der Staat und die Provinzen diese in 66 Jahresraten leisten. Die Aktien des Staates, der Provinzen und Gemeinden werden auf den Namen lautend ausgestellt und können ausnahmsweise nur mit Genehmigung der Regierung veräussert werden. Privatpersonen, welche sich an dem Anlagekapital betheiligen, erhalten einfache Antheilscheine und geniessen kein Stimmrecht.

Die Dauer der Gesellschaft ist nicht begrenzt, ihre Auflösung kann nur durch ein besonderes Gesetz erfolgen, welches gleichzeitig die Bedingungen der Liquidation zu regeln haben wird. Der Betrieb der einzelnen Linien darf nur mit Genehmigung der Regierung und nur dann eingestellt werden, wenn während dreier aufeinanderfolgenden Jahre die Einnahmen die Betriebsausgaben nicht decken oder wenn während fünf aufeinanderfolgenden Jahren der Reingewinn einer Linie die Verzinsung der Hälfte des Anlagekapitales dieser Linie nicht ermöglicht.

Das preussische Lokalbahngesetz ist auf Grund einer Reihe von Spezialgesetzen seit dem Jahre 1879 sicher gestellt, nach welchen die einzelnen Bahnen entweder auf Rechnung des Staates mit Betheiligung der Interessenten gebaut werden oder, durch finanzielle Beihilfe des Staates an der Herstellung, durch Konzessionäre zu Stande kommen. Seit dem Jahre 1880 wird dem preussischen Landtage jährlich ein Sekundärbahngesetz vorgelegt, durch welches der Regierung die finanziellen Mittel zur Unterstützung dieser Bahnen bewilligt werden. In diesem Gesetz wird die Betheiligung der Interessenten in allen Punkten festgesetzt, wobei an dem Grundsatz festgehalten wird, dass mindestens das erforderliche Terrain unentgeltlich hergegeben und das Recht der Benützung der Chausseen und anderer öffentlichen Strassen entschädigungslos eingeräumt werde. In berücksichtigungswerthen Fällen wird vom Staate auch ein Zuschuss als Darlehen zur Grunderwerbung bewilligt, anderseits können aber auch die Provinzen und Gemeinden etc. verhalten werden, ausser der unentgeltlichen Grundüberlassung einen Zuschuss zu den Baukosten zu leisten.

In Sachsen, wo die Ausdehnung der Lokalbahnen niederer Ordnung sehr bedeutende Fortschritte macht, hat die Regierung den Bau und Betrieb dieser Bahnen selbst in die Hand genommen; die betreffenden Gesetze beschränken sich daher bloss auf die Art der Bauherstellung und die Führung des Betriebes in Bezug der Sicherheit, Geschwindigkeit etc.

In Ungarn bestehen die staatlichen Begünstigungen, nach dem Sekundärbahngesetz vom Jahre 1880, in der Stempel- und Gebührenfreiheit, in der Uebernahme von Stamm-Aktien zur Geldbeschaffung, in der Befreiung von der Transportsteuer durch 10 Jahre, in der Bewilligung zur Benützung aller öffentlichen Strassen als Bahnkörper, in der Bestimmung, dass alle ärarischen oder unter Verwaltung des Staates stehenden Stiftsgüter zu den Baukosten beitragen müssen.

Die Staatsbahnen werden verpflichtet, in den zu benützenden Stationen den Dienst, eventuell den Betrieb der

ganzen Bahn, gegen Erstattung der wirklichen Selbstkosten zu besorgen. Die Munizipien werden ermächtigt, den Bau mit einem Theile ihrer öffentlichen Arbeit oder Arbeitsablösung zu unterstützen und demselben eine nicht über zehn Jahre dauernde Zinsengarantie zu gewähren; die einzelnen Linien werden einzelnen Privaten oder Gesellschaften konzessionirt, so dass die Anlage dieser Bahnen der Privatspekulation, jedoch in sehr beschränktem Maasse, überlassen bleibt.

Ganz besonderes Interesse bietet die Ausbreitung der Lokalbahnen niederer Ordnung in Schleswig-Holstein, vorzugsweise das Zustandekommen der Bahn Flensburg-Kappeln in Schleswig, umsomehr, als für diese, sowie überhaupt für derartige Bahnen die königliche Regierung beinahe gar kein Entgegenkommen zeigte und hiezu nur die Landesregierung und die Kreistage die Initiative ergriffen hatten, indem der Abgeordnete des Kreises Flensburg im Landtage im Jahre 1881 den Antrag stellte: „anstatt der Chausseen und mit Benützung der bestehenden Strassen Lokalbahnen zu bauen.“ Infolge dessen wurde von einer grösseren Anzahl Kreisangesessenen von Flensburg eine Eingabe an das königliche Landrathamt eingebracht, mit der Bitte, einen Kreistag einzuberufen zur Prüfung und Beschlussnahme eines Projektes über die Anlage einer Sekundärbahn (schmalspurig) von der Station Flensburg über Plübsburg nach Kappeln, anstatt der angestrebten Ergänzung und Herstellung der Strasse.

Der Kreistag genehmigte im Jahre 1882 das Projekt im wesentlichen und setzte eine Commission ein zur Berichterstattung im nächsten Kreistage und eventuellen Vorlage eines genauen Projektes, für welches 3000 Mk. zur Verfügung gestellt wurden.

Die Kommission hat hierauf im Jahre 1883 das Projekt vorgelegt und zur Realisirung desselben folgende Anträge gestellt:

a) Die Bahn wäre nach dem vorgelegten Projekte auf Kosten des Kreises auszubauen und in eigener Regie zu betreiben.

b) Zur Ausführung des Baues wird eine Kommission, bestehend ausser dem Landrath als Vorsitzenden aus vier von dem Kreistage zu wählenden Mitgliedern und einem vom Herrn Minister für öffentliche Arbeiten bestimmten technischen Mitgliede, zusammengesetzt. Dieser Kommission wird als Vertretung des Unternehmens die Leitung der Bau- und Betriebsverwaltung übergeben und dieselbe ermächtigt, Namens des Kreises als Konzessionsbewerber das Gesuch an die hohe königliche Regierung zu richten.

c) Zur Deckung der Kosten soll eine 4prozentige Kreisanleihe in auf jeden Inhaber lautenden, von Seite der Gläubiger unkündbaren Antheilscheinen gemacht werden, welche mittelst Verlosung oder freihändigen Ankaufes mit wenigstens $1\frac{1}{2}\%$ des Kapitals unter Zuwachs der ersparten Zinsen und der etwaigen über die festen Zinsen und Amortisationszahlungen noch hinausgehenden Ertragsüberschüsse der Bahn zu decken sind. Zur Deckung der jährlichen Zins- und Amortisationsquote wird bei der Einnahme des Betriebes etwa Fehlendes vom Kreis nach dem Maasstabe der Kreis-

Kommunalbeiträge und je nach den Gemeinden und Gutsbesitzern, welche zum Eisenbahngebiete gehören, aufgebracht.

d) Es soll eine Kommission gewählt werden mit der Aufgabe, die zur Durchführung der beschlossenen Kreisanleihe nöthige Schritte zu thun.

Das von der ernannten Kommission dem Landtage vorgelegte Projekt und Gesuch um die Konzessionsertheilung wurde vom Ministerium vollinhaltlich im Sinne des Landtagsbeschlusses genehmigt und Konzessionsurkunde zum Bau unterm 17. Dezember 1884 ertheilt.

Betrachtet man die vorgeführten Gesetze und eingeschlagenen Wege zur Förderung der Lokalbahnen niederer Ordnung untereinander, so findet man in Bezug der Geldbeschaffung zwei Prinzipien vertreten, und zwar das Prinzip der Konzessionirung an Private mit Hilfe weitgehender Subventionen von Seite des Staates, des Landes und der Gemeinden vertreten in Frankreich, Italien und theilweise in Deutschland, und das Prinzip, die Anlage dieser Bahnen der Privatspekulation ganz zu entziehen und diese durch den Staat, das Land und die Gemeinden direkt durchführen zu lassen, vertreten in Belgien, Schleswig-Holstein und theilweise Deutschland. Das zweite Prinzip bietet den grossen Vortheil, dass, da die Geldbeschaffungskosten theils ganz erspart, theils auf ein sehr geringes Maass zurückgeführt werden, die Anlagekosten der Bahn sich geringer, daher die Rentabilität günstiger ergeben müssen; weiters dass der Staat, die Länder und Gemeinden, als die maassgebendsten Aktionäre, ihre Vertrauensmänner in die Verwaltung senden und den grössten Einfluss nicht nur auf den Bau, sondern auch auf den Betrieb zur Erzielung der grösstmöglichen Rentabilität auszuüben im Stande sind.

Vergleicht man endlich die verschiedenen Gesetzgebungen und eingeschlagenen Bestrebungen zu Förderung dieser Lokalbahnen mit denen in Oesterreich, so findet man, dass jene mehr oder weniger ihren Zweck erreichten, indem in allen diesen auswärtigen Staaten die Anlage derartiger Bahnen die erfreulichsten Fortschritte machte, während in Oesterreich kaum ein Anfang, geschweige denn ein Fortschritt hiefür zu verzeichnen ist, und man sich des Gedankens nicht erwehren kann, dass auch gegenwärtig nach dem im vergangenen Jahre erfolgten neuen Lokalbahn-gesetz, so lange dieses keine wesentlichen Aenderungen und Ergänzungen erhält, kein Fortschritt in der Ausbreitung dieser Bahnen zu hoffen ist.

Die Erscheinung, warum in Oesterreich die Ausbreitung der Lokalbahnen niederer Ordnung bisher keine Fortschritte machte, lässt sich im Allgemeinen auf drei Ursachen zurückführen:

1. Dass in der Bevölkerung leider noch immer eine besondere Abneigung gegen das Wesen dieser Art von Bahnen vorherrschend ist, in Folge dessen nicht nur keine Theilnahme entgegenbracht, sondern an vielen Orten ein Widerstand dem Zustandekommen derselben entgegengesetzt wird;

2. dass von Seite der Regierung, hauptsächlich aber von Seite der Reichsvertretung, obwohl diese von der Noth-

wendigkeit und Nützlichkeit dieser Bahnen mehr oder weniger überzeugt sind, nicht nur die nöthige Unterstützung, sondern auch die erste kräftige Anregung zur Anlage dieser Bahnen fehlt;

3. dass die Anlage derselben noch immer dem Willen und Können der Privatspekulation, die aus derselben ein einträgliches und sicheres Geschäft zu machen bestrebt ist, anheimgestellt wird.

Aus den im Vorhergehenden mitgetheilten Gesetzgebungen und Vorschriften der verschiedenen Staaten, ferner aus dem unten folgenden Reisebericht, endlich aus der reichhaltigen Literatur, welche sich in den letzten Jahren mit der Frage der Förderung dieser Bahnen beschäftigte, ist zu erkennen, dass, wie gleichfalls schon erwähnt, dieselben Erscheinungen wie in Oesterreich auch in den anderen Staaten Anfangs zu Tage traten, und nur durch die unausgesetzten Bemühungen einsichtsvoller Männer, welche bestrebt waren, die Vorurtheile gegen diese Bahnen zu bannen, hauptsächlich aber durch das Entgegenkommen der Regierungen, beziehungsweise durch eingreifende, den lokalen Verhältnissen entsprechende Gesetzgebungen, diese Hindernisse beseitigt wurden.

Nachdem nun diese Bemühungen in den verschiedenen Staaten bedeutende und günstige Erfolge in volkswirtschaftlicher Beziehung ergaben, kann wohl kaum ein Fehler begangen werden, wenn man diese Bemühungen als Muster annimmt und wenn nach denselben der Vorgang zur Förderung der Anlage dieser Bahnen auch in Oesterreich eingeleitet wird.

Die Abneigung der Bevölkerung gegen diese Bahnen kann gebannt werden durch die Heranziehung einflussreicher Persönlichkeiten bei den Handelskammern und Gemeinden, Industriellen und Gewerbetreibenden, denen man Gelegenheit gibt, diese Bahnen im Auslande zu besuchen, hauptsächlich aber dadurch, dass schon die Vor- und Detailprojekte der Privatspekulation entzogen werden und, wenigstens in der ersten Zeit, ohne pekuniärer fremder Beihilfe einer Gegend auf Kosten des Staates oder Landes durch sein eigenes Personale ausgearbeitet werden.

Ein Vortheil der Ausarbeitung derartiger Projekte durch die Staatsregierung ist, abgesehen von der Verlässlichkeit derselben, die geringere Kostensumme der Projekte. Der Private, welcher ein solches Projekt ausarbeitet, will, und mit Recht, ausser der Entlohnung seiner physischen und geistigen Arbeit auch noch einen mehr oder weniger grossen Verdienst haben; dieser entfällt bei der Arbeit durch die eigenen Beamten.

Nach den vielfach verfassten Projekten der Baudirektionen der verschiedenen Bahnen oder der Civil-Ingenieure und Privaten können die thatsächlichen Kosten der Projekte für Bahnen untergeordneten Ranges, einschliesslich der Gehalte und Löhne, der Materialien etc., je nach der Terrainbeschaffenheit, pro 1 km mit 30—60 fl. angenommen werden, während, wenn sie der Privatspekulation übergeben werden, kaum unter 50—90 fl. betragen.

Ein weiterer Vortheil, welcher sich in Folge der Ausarbeitung dieser Projekte durch die Regierung ergeben würde, wäre der, dass der Regierung zur Beurtheilung der

Frage über die Spurweite der betreffenden Linie direkte, ganz genaue und verlässliche Daten zu Gebote ständen, diese sich selbst die Ueberzeugung von dem ökonomischen Werthe und der genügenden Leistungsfähigkeit der einzelnen Linien verschaffen könnte, und auch hiedurch das Vertrauen der Bevölkerung zu diesen Bahnen wesentlich gefördert werden würde.

Was die Frage der Betheiligung des Staates an dem Zustandekommen dieser Bahnen, abgesehen von den Erleichterungen für den Bau und Betrieb, in pekuniärer Beziehung anbelangt, so wäre von dem Prinzip der Zinsengarantie oder der Gewährung einer Subvention als fonds perdu abzusehen und statt dessen das Prinzip der Uebernahme von Aktien unter der Bedingung der gleichen Betheiligung der Gemeinden, Industriellen, der Strassen-Bezirksausschüsse und des Grossgrundbesitzes an der Uebernahme von Aktien für Aufbringung des Anlagekapitales einzuführen, so dass der Staat in Gemeinschaft mit den Interessenten eine geschlossene Gesellschaft bildet, welche den Bau an einen Bauunternehmer, den Betrieb entweder an die anstossende Hauptbahn oder einem Privaten in Pacht übergibt, wobei stets der Gesellschaft, vertreten durch einen Verwaltungsrath, das Recht der Einsichts- und Einflussnahme in die Führung des Betriebes und Gebarung der Verwaltung gewahrt bleiben müsste.

Ein anderer Weg, um zum Ziele zu gelangen, wäre der, die Einrichtung, wie diese in Belgien zur Förderung derartiger Bahnen besteht, als Muster zu nehmen und diese, den österreichischen Verhältnissen entsprechend einzuführen, welchem Gedanken bereits im vergangenen Jahre in einem sehr werthvollen Aufsätze „Ueber die Reform der Gesetzgebung der Localbahnen“ in der „Neuen Freien Presse“ Herr Hofrath Max Ritter v. Pichler Ausdruck gab.

Hienach wäre von Seite der Regierung und unter steter Aufsicht und Controle derselben ein Geldinstitut in's Leben zu rufen, welches sich ausschliesslich nur mit dem Baue und Betriebe dieser Bahnen zu beschäftigen hätte und die nöthigen Geldmittel für die Anlagekapitale der einzelnen Linien von Seite des Staates und der Gemeinden, je nach dem Inslebentreten der einzelnen Linien, gegen Ausgabe von auf den Namen lautenden Aktien erhält. Aus den Reinerträgen des Betriebes wären die Verwaltungskosten des Institutes zu decken, ein Erneuerungs- und Amortisationsfond zu gründen und der Rest unter die Aktionäre jährlich nach einem Beschlusse der Generalversammlung zu vertheilen.

Nur auf die eine oder andere Art wäre es möglich, dem vor allen anderen für die Förderung der Anlage von Localbahnen niederster Ordnung unbedingt geltenden Grundsatz: „diese Bahnen der Privatspekulation zu entziehen und dadurch Bahnen mit den möglichst geringsten Kosten zu bauen“ gerecht zu werden, da nur dadurch die Gründungs- und Geldbeschaffungskosten für das Anlagekapital, welche, wie viele Beispiele zeigen, oft mehr als ein Drittel, selbst die Hälfte der effektiven Anlagekosten in Anspruch nehmen, entfallen können und eine Verzinsung des Kapitals aus den Betriebsüberschüssen dieser Bahnen zu erhoffen ist.

Nachdem das neue Lokalbahngesetz vom vergangenen Jahre seine Gültigkeit bis zum Jahre 1890 hat und in demselben keine bestimmten Anhaltspunkte zur Förderung dieser Art von Bahnen enthalten sind, so ist wohl kaum zu erwarten, dass die Staatsregierung, trotz der in dem Gesetze für sie enthaltenen Vollmachten, von denselben Gebrauch machen und die Anregung für den Bau derartiger Bahnen geben werde. In Folge dessen kann es nur mit Freuden begrüsst werden, dass der hohe Landtag von Mähren hiezu die Initiative ergriff und in seiner Sitzung vom 20. Dezember 1887 dem Landesauschusse die Aufgabe stellte, zu untersuchen: „in welcher Weise die Anlage von Lokalbahnen mit Benützung bestehender Strassen (Lokalbahnen niederer Ordnung) im Kronlande Mähren zu fördern wäre“.

Zur Beantwortung dieser Frage dürften folgende, den mährischen Verhältnissen entsprechende Vorschläge als Anhaltspunkte dienen, für welche nicht nur die mitgetheilten Erörterungen über die Gesetzgebungen der verschiedenen Länder und die in dem Reiseberichte dargelegten gemachten Erfahrungen maassgebend waren, sondern hauptsächlich der Gedanke, dass dem Lande, beziehungsweise den Steuerträgern, keine pekuniären Opfer auferlegt werden und die unvermeidliche pekuniäre Betheiligung des Landes an dem Zustandekommen einzelner Linien immer nur als verzinsliches Darlehen zu erscheinen hätte.

Vor allem anderen wären von Seite des Landesauschusses durch die Landesbauorgane mit Beiziehung eines mit dem Wesen des Baues und Betriebes derartiger Bahnen vollkommen vertrauten Ingenieurs generelle Studien zu machen, welche Gegenden des Landes derartiger Bahnen zur Hebung des Ackerbaues, der Industrie und des Gewerbes dringend bedürfen und aus diesen dann für eine oder zwei Linien, welche im Vorhinein eine Rentabilität mit einiger Sicherheit versprechen, genaue Projekte sowohl in technischer als auch in kommerzieller Beziehung auf Kosten des Landes ansarbeiten zu lassen. Diese Projekte wären sowohl für die Anlage einer schmalspurigen als auch normalspurigen Bahn auszuarbeiten, um sich selbst ein bestimmtes Urtheil über die Kosten, Leistungsfähigkeit und Rentabilität der beiden Systeme zu verschaffen und die in der Bevölkerung vorherrschende Abneigung gegen die Lokalbahnen im allgemeinen, vorzugsweise aber gegen die Schmalspurbahnen, mit sicheren unwiderlegbaren Mittheilungen und Ziffern bekämpfen zu können.

Ebenso wie die Verfassung dieser Projekte wäre dann die Einleitung zur Beschaffung der Geldmittel für die wirkliche Durchführung wenigstens der ersten Linien von Seite des Landes in die Hand zu nehmen, um das Vertrauen der Bevölkerung für den Nutzen dieser Art von Bahnen zu wecken.

Dies könnte auf zweifache Art geschehen: entweder das Land erklärt diese Bahnen, so wie es Landstrassen besitzt, als Landesbahnen, besorgt den Bau und Betrieb auf eigene Rechnung mit Beanspruchung von entsprechenden Beitragsleistungen in baarem Gelde oder Grundabtretungen oder Material-Lieferungen von Seite der Grossgrundbesitzer, Gemeinden, Städte und Industriellen — oder das Land

erklärt im Vorhinein die Verpflichtung zu übernehmen, sich an der Beschaffung des Anlagekapitals mittelst Uebernahme von Aktien zu betheiligen, wenn von Seite der Grossgrundbesitzer, Gemeinden, Städte, Strassen-Bezirksausschüsse und Industriellen der Rest des Anlagekapitals gleichfalls durch Uebernahme von Aktien gesichert und auf diese Art eine Aktiengesellschaft gebildet wird.

Im ersten Falle, wenn die Bahnen als Landesbahnen erklärt werden, wäre von Seite des Landes ein Landesanlehen in der Höhe der in den Projekten nachgewiesenen Anlagekosten, rückzahlbar in 50 oder 90 Jahren, aufzunehmen, welches vom Lande garantirt, beziehungsweise aus der Einnahme des Betriebes während der Zeit gedeckt werden könnte.

Der Bau wäre vom Lande in eigener Regie durch kleine Unternehmer gegen Einheitspreise oder durch General-Bauunternehmer gegen einen auf die Projekte gestützten Pauschalbetrag durchzuführen, der Betrieb in eigener Regie zu leiten oder an einen Betriebspächter auf eine gewisse Anzahl von Jahren zu übergeben.

Im zweiten Falle wäre nach dem Beispiele und den Vorgängen der Gernrode-Harzgerode-Harzthalbahn oder der Schleswig-Holstein'schen Bahn Flensburg-Kappeln eine Gesellschaft aus dem Lande und den Interessenten, als Inhaber auf den Namen lautender Aktien, zu bilden, welche durch ihren Verwaltungsrath und einen gewählten Vertreter die Leitung, sowie die sämtlichen Geschäfte zu besorgen, die Konzession zum Bau und Betrieb der Bahn zu erwerben hätte, wodurch dem Lande, als bedeutendstem Aktionär, der grösste Einfluss auf die Verwaltung der Gesellschaft, auf den Bau und Betrieb gesichert wäre.

Der Bau und Betrieb wäre, wie im ersten Falle, entweder in eigener Regie durchzuführen oder einem General-Bauunternehmer oder an einen Betriebspächter zur Ausführung und Leitung gegen festgesetzte Pauschalbeträge zu übertragen.

Nachdem in dem im vergangenen Jahre erschienenen Lokalbahngesetze eine Betheiligung des Staates in pekuniärer Beziehung bei einzelnen derartigen Linien nicht ausgeschlossen ist, dürfte dann wohl mit einiger Sicherheit zu hoffen sein, dass die Regierung kaum in dem Falle, wenn das Land selbst diese Bahnen mit allen möglichen Mitteln zu fördern bemüht ist, ganz besonders aber, wenn es diese als Landesbahnen erklärt, sich einer Unterstützung, entweder in Form der Uebernahme einer Anzahl von Aktien oder in Form eines unverzinslichen Anlehens, wird entziehen können.

Betrachtet man die geographische Lage des Kronlandes Mähren, so findet man, dass nahezu alle Linien, welche einen direkten Verkehr mit den Nachbarländern und dem ganzen österreichisch-ungarischen Staate zu vermitteln berufen sind, bereits grösstentheils als Haupt- und Lokalbahnen höheren Ranges ausgebaut sind und diese Kategorie von Bahnen, ohne Schaden der Volkswirtschaft, in Mähren keinen Raum mehr findet; man findet aber auch daselbst ganze grosse Landstriche, welche eines der Gegenwart und den lokalen Verhältnissen entsprechenden Kommunikationsmittels entbehren.

Trotzdem diese Gegenden reich an Industrie, Ackerland und Naturprodukten sind, so sind es doch nur sehr wenige Gegenden, welche einen derartigen Verkehr haben oder auch künftig erwarten lassen, um dort Lokalbahnen mit dem gegenwärtig verwendeten Anlagskapitale von 50.000—90.000 fl. pro 1 km mit Erfolg bauen zu können, da bei diesen neuen Linien auf einen Transitverkehr in Folge ihrer Lage zu den bestehenden Hauptbahnen und den Nachbarländern nicht zu rechnen ist und diese immer nur auf ihren lokalen Verkehr angewiesen sein werden.

Diese Gegenden sind es nun, welche vor allem anderen dem Studium der Förderung der Anlage von Lokalbahnen niederer Ordnung unterzogen werden sollten und einer kräftigen Unterstützung von Seite des Landes bedürfen.

Hält man an dieser Anschauung fest und berücksichtigt ferner, dass diese Bahnen, welche eine verhältnissmässig kurze Länge benöthigen, nur die Aufgabe haben, entfernt von den grossen Bahnen liegende Orte und Gegenden in Verbindung mit diesen zu bringen, so dürften folgende Linien in den Kreis der allgemeinen Untersuchung über ihre Verkehrsverhältnisse zu ziehen sein:

1. Die Linie Mähr.-Weisskirchen - Bodensadt-Liebau, wegen den seit Jahren brachliegenden nicht unbedeutenden Schieferbrüchen, Gewinnung anderer Naturprodukte und der früher blühenden Hausindustrie;

2. die Linie Mähr.-Weisskirchen-Rožnau, wegen des bedeutenden Fremdenverkehrs nach dem Badeorte Rožnau, der Ausnützung der Wasserkraft und der Verwerthung der grossen Waldstände;

3. die Linie Ung.-Brod-Luhatschowitz, wegen des stets zunehmenden Personenverkehrs nach dem Badeorte Luhatschowitz und der Ausnützung der im Hinterlande liegenden grossen Waldungen;

4. die Linie Gaya-Göding, wegen der dort bestehenden Kohlenwerke;

5. die Linie Wsetin-Karlowitz, zur Förderung der dort bestehenden Industrie, dann zur Ausnützung der Wasserkraft und der grossen Waldstände;

6. die Linie Ullersdorf-Wiesenberg, zur Hebung der Industrie, Ausnützung der Wasserkraft und Waldstände;

7. die Linie Wischau-Richtersdorf, wegen der Waldstände und Landwirthschaft;

8. die Linie Rossitz-Eibenschitz-Kanitz, wegen der Kohlengruben und namhaften Industrie;

9. die Linie Tischnowitz längs dem Schwarzawathale;

10. die Linie Mähr.-Budwitz-Jamnitz-Datschitz, wegen des Ackerbaues;

11. die Linie Iglau-Triesch-Teltsch, wegen der grossen Waldstände u. A. m.

Unter den angegebenen Linien dürften nach früher gepflogenen Vorstudien und Erhebungen die folgenden vier Linien bei richtiger Anlage, mit einiger Sicherheit eine Verzinsung des Anlage-, beziehungsweise Baukapitales ohne Berücksichtigung einer Geldbeschaffung, erwarten lassen und daher zur Ausarbeitung von Projekten zu empfehlen sein:

1. Weisskirchen-Liebau-Bodensadt-Waltersdorf;

2. Wsetin-Karlowitz;

3. Zbeschau-Oslawan-Eibenschitz-Kanitz;

4. Gaya-Göding.

Die beiden erstgenannten Linien wären vor allen anderen in Berücksichtigung zu ziehen, da die Verhältnisse dieser Gegenden kaum erwarten lassen, dass in absehbarer Zeit diese von Haupt- oder Lokalbahnen höherer Ordnung durchzogen werden, während andererseits in diesen Gegenden in früheren Jahren die Industrie, das Gewerbe etc. blühten und die Einwohner gegenwärtig in Folge des Mangels einer entsprechenden Verbindung mit den nächst gelegenen Hauptbahnen der Verarmung preisgegeben sind; ferner wird der Verkehr dieser beiden Linien in Folge der Verhältnisse immer nur ein ganz lokaler bleiben, um die Anlage von Lokalbahnen höherer Ordnung zu rechtfertigen, doch nach den gemachten Erhebungen ein genügender sein, um die Anlage von Lokalbahnen niederer Ordnung zu ermöglichen, wenn diese mit Ausschluss jeder Geldspekulation in's Leben gerufen würden.

In einer günstigeren Lage befinden sich die beiden anderen vorgeschlagenen Linien Zbeschau-Eibenschitz-Kanitz und Gaya-Göding, da es nicht unwahrscheinlich ist, dass in absehbarer Zeit die beiden grossen Gesellschaften der österreichisch-ungarischen Staatseisenbahn und der Nordbahn in ihrem eigenen Interesse diese beiden Linien selbst in Berücksichtigung ziehen und zur Ausführung bringen dürften.

Die Linie Weisskirchen-Liebau-Bodensadt-Waltersdorf dürfte eine Länge von 42 km erhalten und einen Verkehr von jährlich ca. 36 000 t ergeben. Rechnet man, den Terrainverhältnissen entsprechend, die Baukosten einer normalspurigen Bahn mit 28 000 fl., einer schmalspurigen Bahn mit 21 000 fl., die Betriebsauslagen mit 1000 fl. pro 1 km, so würde sich das effektive Baukapital verzinsen:

bei einer normalspurigen Anlage mit . . 2·7%,

„ „ schmalspurigen „ „ . . 3·9%.

Die Linie Wsetin-Karlowitz würde eine Länge von ca. 27 km erhalten und einen jährlichen Verkehr von circa 20 000 t ergeben. Rechnet man, entsprechend den Terrainverhältnissen, die Baukosten für eine normalspurige Bahn mit 25 000 fl., für eine schmalspurige Bahn mit 20 000 fl., die Betriebsauslagen mit 1000 fl. pro 1 km, so würde sich das effektive Baukapital verzinsen:

bei einer normalspurigen Anlage mit . . 2·1%,

„ „ schmalspurigen „ „ . . 3·5%.

Die Kosten der Tracirung und Verfassung von Generalprojekten sowohl für normal-, als auch für schmalspurige Anlagen beider Linien durch die Organe des Landesbauamtes mit Zuziehung eines mit derartigen Bahnen vertrauten Ingenieurs werden sich auf ca. 70—75 fl. pro 1 km, zusammen auf 5000—6000 fl. belaufen.

Die Linie Zbeschau-Eibenschitz-Kanitz würde eine Länge von ca. 30 km erhalten und es wäre für die Anlage derselben auf die ganze Länge, mit Ausnahme der Strecke Oslawan-Zbeschau von ca. 4 km Länge, die bestehende Bezirksstrasse insofern benützbar, als die Bahn unmittelbar an dieselbe und in gleicher Höhe mit ihr gelegt werden könnte. Die Anlagekosten einer Bahn mit normaler Spur würden, nach einem generellen Ueberschlag, im Durchschnitt pro

1 km auf 28 000 fl., zusammen auf 840 000 fl. zu stehen kommen.

Die Kohlenwerke bei Zbeschau, Padochau, ferner die Fabriks-Etablissements in Oslawan, Eibenschitz und Kanitz, die Getreidemärkte in Pohrlitz, endlich die gewerbsthätige Stadt Eibenschitz lassen einen reichlichen Verkehr von circa 35 700 t erwarten, welcher eine Betriebseinnahme, nach den gemachten Erhebungen, von jährlich ca. 62 475 fl., den Tonnen-Kilometer mit 7 kr. gerechnet, ergeben dürfte. Rechnet man die Betriebsauslagen, nach den Erfahrungen derartiger Bahnen in Deutschland, mit 1100 fl. pro 1 km, daher für die ganze Linie mit 33 000 fl., so ergäbe dies nach Abzug der Verwaltungsausgaben der Gesellschaft, des Erneuerungs- und Amortisationsfondes eine jährliche Verzinsung der Actien von 3·5%.

Die Strecke Gaya-Göding würde über Dubnian, Mistřin zu führen sein und eine Länge von 18 km erhalten. Von Göding wäre die Staatsstrasse bis zur Abzweigung der Bezirksstrasse nach Dubnian auf 2·7 km vollständig zu benützen, dann die Linie unmittelbar neben die Bezirksstrasse bis Dubnian und von Mistřin bis Gaya auf eine Länge von 9·6 km zu legen und für das Mittelstück Dubnian-Mistřin auf eine Länge von 5·7 km, wo keine Strasse besteht, ein besonderer Bahnkörper herzustellen.

Die Steigungs- und Krümmungsverhältnisse der Strassen sind derart günstig, dass dieselben der ganzen Länge nach benützt werden können, daher die Kosten für die Strecke von 12·3 km gering werden und sich nur auf die Auslagen für Oberbau und Betriebseinrichtung erstrecken werden. Was das neu anzulegende Stück von 5·7 km zwischen Dubnian und Mistřin anbelangt, so ist, wenn auch eine kleine Wasserscheide zu übersetzen ist, die Terraininformation eine günstige, so dass die Linie sich ziemlich durchgehends an das Terrain anschmiegen wird und die Kosten des Bahnkörpers auch keine bedeutenden werden.

Nach einer aufgestellten beiläufigen summarischen Berechnung werden sich die Gesamtkosten, sammt Rollmateriale, für eine normalspurige Lokalbahn niederer Ordnung auf 474 000 fl., im Durchschnitt auf 26 300 fl. pro 1 km belaufen.

Was die Verkehrsverhältnisse anbelangt, so ist in erster Linie die Ausnützung der Kohlengruben in der Umgebung von Dubnian zu berücksichtigen, ferner finden sich daselbst mehrere Mühlen, Brennereien und grössere Waldstände vor. Nach den erhobenen Daten beziffert sich der jährliche Frachtenverkehr gegenwärtig auf ca. 33 000 t, welche eine Betriebseinnahme von jährlich 34 600 fl. erwarten lassen. Rechnet man die Betriebsauslagen im Verhältniss zu den Verkehrsmengen mit 1000 fl., so erhält man, nach Abzug der Gesellschafts-Verwaltungskosten, des Erneuerungs- und Amortisationsfondes, eine jährliche Verzinsung des Anlagekapitals von 3·5%.

Berücksichtigt man jedoch, dass gegenwärtig eine direkte Strassenverbindung zwischen Gaya und Göding und ganz besonders mit den Braunkohlenwerken gänzlich fehlt und über kurz oder lang unter allen Verhältnissen hergestellt werden müsste, deren Baukapital, wie bei allen Strassenbauten, als fond perdu anzusehen ist, so würden sich die

Anlagekosten der Lokalbahn, wenn dieses Strassenbaukapital hiezu verwendet werden würde, um ein erhebliches niedriger stellen und die Verzinsung daher eine günstigere werden. Die Kosten der Ausarbeitung der beiden Projekte von Seite des Landes würden, mit Berücksichtigung der Gehalte der technischen Kräfte des Landesbauamtes und eines entsprechenden Honorars für den mit der Leitung betrauten Ingenieur, welchem das Wesen des Baues und Betriebes dieser Art von Bahnen vollkommen bekannt ist, ferner in Berücksichtigung, dass für jede Strecke je zwei Projekte für die normale und schmale Spurweite ausgearbeitet werden müssten, zusammen auf 4000—5000 fl., das ist pro 1 km auf 70—75 fl. zu stehen kommen.

Fasst man die im Vorhergehenden und in dem beiliegenden Reiseberichte dargelegte Behandlung der Frage: „welche Mittel zur Förderung der Lokalbahnen niederer Ordnung angewendet werden könnten“, in Bezug der Gesetzgebungen und der Aufbringung der nöthigen Geldmittel für die Anlage dieser Bahnen zusammen, so ergibt sich im Allgemeinen, dass das im vergangenen Jahre in Oesterreich erschienene Lokalbahngesetz die Anlage derartiger Bahnen, solange dasselbe nicht durch wesentliche gesetzliche Bestimmungen ergänzt wird, nicht zu fördern im Stande sein wird; ferner ergibt sich, dass deren Ausbreitung nur dadurch gefördert werden kann, wenn vor allem anderen das Vertrauen der Bevölkerung zu dieser Art von Bahnen geweckt und die Geldbeschaffung zum Bau und zur Einrichtung derselben der Privatspekulation entzogen werden würde; endlich wenn von Seite der Regierung oder des Landes für die ersten Bahnen, bis das Vertrauen der Bevölkerung gestärkt sein wird, die erste Anregung zur Anlage derselben gegeben wird und im Falle, wenn die eine oder andere Linie sich in volkswirtschaftlicher Beziehung oder bezüglich der Hebung der Industrie und Steuerkraft einer Gegend als dringend nothwendig zeigen, keine Verluste des Anlagekapitales befürchten lassen und wenn bei der Bevölkerung auf grossen Widerstand gegen diese Art von Bahnen gestossen werden sollte, diese vom Staate oder dem Lande selbst zur Ausführung gebracht wird.

Diese Erfolge könnten in Mähren erreicht werden, wenn von Seite des Landes vor allem Anderen Projekte für ein oder zwei geeignete Linien durch die Landesbauorgane ausgearbeitet würden, welche genau die kommerziellen Verhältnisse und den Charakter der Linie angeben, ferner wenn die Ausführung der Linien von Seite des Landes unter Mitwirkung des Grossgrundbesitzes, der Städte und Gemeinden in eigener Regie durchgeführt oder die Beschaffung der Geldmittel von Seite des Landes unter Mitwirkung der Interessenten in Form einer Aktiengesellschaft erfolgen würde.

Reisebericht.

Die unternommene Reise hatte im Sinne der vom Landesausschusse gestellten Aufgabe vor allem Anderen den Zweck, die Mittel und Wege, wodurch die Anlage derartiger Lokalbahnen in Deutschland gefördert wurde, ferner den Betrieb und die Verwaltung derselben eingehend kennen

zu lernen. Erst in zweiter Linie wurde die Zeit dem Studium der technischen Anlage und Ausführung dieser Bahnen gewidmet.

Der Eindruck über die Fortschritte und Ausbreitung der Lokalbahnen niederer Ordnung, in Deutschland Sekundärbahnen genannt, war, trotzdem dieselben aus der Literatur bekannt sind, sowohl in volkswirtschaftlicher, als auch in technischer Beziehung ein überraschender; in volkswirtschaftlicher Beziehung durch die auffallende Belebung des Verkehrs, der Industrie und der Wohlhabenheit in den Gegenden, welche diese Bahnen durchziehen und welche niemals die Hoffnung hatten, in den Bereich der grösseren Bahnen einbezogen zu werden; in technischer und ökonomischer Beziehung durch die Einfachheit ihrer Anlage, Bauten, Administration und ihres Betriebes.

Was den Charakter dieser Bahnen anbelangt, so hat sich dort das Verständnis für die Schmalspurbahn allgemein Bahn gebrochen, und die Abneigung und Bedenken gegen die schmale Spurweite dieser Bahnen sind durch die gemachten Erfahrungen über ihre Leistungsfähigkeit und Nützlichkeit allenthalben derart geschwunden, dass von den Einwohnern jener Gegenden, die bloss auf einen ausschliesslichen Lokalverkehr Anspruch machen können, nur mehr das Verlangen nach Schmalspurbahnen gestellt wird und keine Mühe und Opfer gescheut werden, diese zu fördern.

In der Förderung der Anlage der Sekundärbahnen überhaupt wetteifern nicht nur die einzelnen Städte, Gemeinden und Industriellen untereinander, sondern es betheiligen sich auch die Regierungen der einzelnen, sowohl grösseren als auch kleineren Staaten an dem Zustandekommen durch Verleihung von Kapitalsvorschüssen, durch Uebernahme von Aktien oder durch die Herstellung derselben in eigener Regie und Verwaltung, endlich durch Gewährung namhafter Erleichterungen für den Bau und Betrieb derselben.

Bei allen diesen Bahnen ist für die Geldbeschaffung das Prinzip der Ausschliessung der Privatspekulation vollständig durchgeführt; entweder baut und betreibt der Staat diese Bahnen selbst und verpflichtet die Gemeinden, Städte etc. zu mässigen Beitragsleistungen, oder die Gemeinden, Städte, Industriellen und der Staat bilden eine geschlossene Aktiengesellschaft, übergeben den Bau einem Unternehmer und leiten den Betrieb entweder selbständig oder übergeben denselben auf eine gewisse Anzahl von Jahren an einen Betriebspächter.

In der Anlage aller dieser Bahnen ist der Grundsatz zu erkennen, dass dieselben nur den Zweck haben, entfernt von den grösseren Bahnen liegende Gegenden und Ortschaften mit diesen zu verbinden, einerseits um dem ganz lokalen Verkehr der Gegend zu dienen, anderseits um Zufuhrwege für die grossen Bahnen zu werden. Sie sind grossentheils verhältnismässig nur kurze Bahnen (sogenannte Sackbahnen), von welchen, je nach Bedarf, kurze Linien für Industrien, Bergwerke etc. abzweigen und welche vollkommen, ohne Schaden der Theilnehmer an der Aufbringung des Anlagekapitals, ihren Zweck erreichen.

Das Königreich Sachsen hat bei einer Gesamtbevölkerung von 2 632 921 Köpfen und einem Flächenraume

von 14 990 km^2 nach den auf der Reise erhobenen und in den statistischen Ausweisen vom Jahre 1886 mitgetheilten Angaben zusammen 636·15 km Bahnen mit sekundärem Betrieb; von diesen sind 479·03 km normalspurig und 157·12 km schmalspurig, so dass auf 1 km^2 Fläche 0·041 km und auf 1000 Einwohner 0·242 km Eisenbahn entfallen.

Unter den 479·03 km normalspurigen Bahnen sind 322·22 km als Hauptbahnen gebaut und erst nach dem Jahre 1879/90 als Sekundärbahnen erklärt und in Betrieb gesetzt worden, da diese bei dem früheren Vollbetrieb nothleidend blieben; die restlichen 156·81 km sind als normalspurige Sekundärbahnen seit dem Jahre 1880 gebaut, so dass in Sachsen Sekundärbahnen, im wahren Sinne des Wortes, zusammen 313·93 km in Betrieb stehen und auf 1 km^2 Fläche 0·021 km , auf 1000 Einwohner 0·118 km Sekundärbahnen, dem Bau und Betriebe nach, entfallen.

Der Bau der normalspurigen Sekundärbahnen fällt hauptsächlich in die erste Zeit, als in Sachsen das Bedürfniss nach derartigen Bahnen allgemein von der Regierung erkannt wurde, erst in den letzteren Jahren, von 1882/83 an, wurde in Folge der unermüdlichen Bemühungen des königl. sächsischen geheimen Finanzrathes v. Köpke mit dem Bau der schmalspurigen Sekundärbahnen mit 0·75 m Spurweite begonnen. In Folge der schon in der kurzen Zeit gemachten günstigen Erfahrungen in Bezug der Nützlichkeit und Leistungsfähigkeit dieser Bahnen und in Vergleich der Rentabilität derselben gegenüber den normalspurigen Sekundärbahnen haben sich die Ansichten über den Werth der Schmalspurbahnen in der Bevölkerung und bei den Landtags-Abgeordneten derart zu Gunsten derselben geändert, dass gegenwärtig vielfache Anträge und Petitionen zur weiteren Ausbreitung der Schmalspurbahnen bei der Regierung vorliegen und seit Ende 1886 weitere 23 km dem Betrieb übergeben und zirka 25 km in Bau-Angriff genommen wurden. Trotz diesen günstigen Erfahrungen, die mit der Schmalspur gemacht wurden, ist jedoch der Bau normalspuriger Sekundärbahnen nicht ganz ausgeschlossen, und zwar hält die Regierung bei der Entscheidung und Wahl zwischen der normalen und schmalen Spurweite für eine auszubauende Sekundärbahn an dem Prinzip fest: dass Sekundärbahnen, welche im Vorhinein einen lebhaften und für die Rentabilität entsprechenden Verkehr hoffen lassen, ferner solche, welche in ihren beiden Endpunkten an Haupt- und Weltbahnen anschliessen, normalspurig gebaut werden.

Die sämmtlichen sächsischen Sekundärbahnen sind vom Staate gebaut und werden von demselben betrieben; die Verwaltung und Leitung des Betriebsdienstes ist, unabhängig von der der Haupt- und Vollbahnen, einem unmittelbar der königl. Generaldirektion unterstehenden Bahnverwalter übertragen, welcher gleichzeitig den Stationsdienst auf der Station besorgt, welche ihm zu seinem Wohnort angewiesen ist. Auf den übrigen Verkehrsstellen wird der Dienst durch sogenannte Haltestellen-Aufseher besorgt, welche, wie alles übrige Personale, direkte dem Bahnverwalter unterstehen. Auf den Haltestellen, wo keine Aufseher vorhanden sind, wird der Dienst durch Privatleute, sogenannte Güteragenten, meist Gewerbsleute oder Kommunalbeamte, die in der Nähe wohnen, gegen Hinterlegung

einer Kautions von 100—300 Mk. besorgt. Diese Agenten haben ausser dem Expeditionsdienst der Güter auch die Haltestellen-Anlagen in Ordnung zu erhalten, während des Verkehrs der Züge anwesend zu sein, das Ein- und Ausladen der Güter zu besorgen und beim Wagenverschieben und Weichenstellen Hilfe zu leisten.

Für die Bezahlung der Frachtgelder und Spesen aller auf der Haltestelle ankommenden und von derselben abgehenden Güter ist der Agent verantwortlich; die Ablieferung dieser Gelder an den Bahnverwalter erfolgt täglich, die Abrechnung mit demselben in der Regel in Zeiträumen von zehn zu zehn Tagen. Für die Besorgung der Geschäfte wird dem Agenten von der Staatseisenbahnverwaltung keine Vergütung gewährt, dagegen ist ihm gestattet, von den Versendern und Empfängern der Güter ausser den tarifmässigen Beträgen Expeditionsgebühren einzuheben, welche für Wagenladungen bis zu 5000 kg 1 Mk., für Stückgüter 5 Pfg. für je 100 kg Gewicht, angefangene 100 kg vollgerechnet, betragen.

Der Billet- und Gepäcks-Expeditionsdienst für die Reisenden wird, mit Ausnahme der Stationen, auf denen ein Bahnverwalter seinen Sitz hat, auf den ganzen Linien nur vom Zugsführer besorgt, zu welchem Zweck demselben im Gepäckswagen ein sperrbarer Billetkasten, eine Stempelvorrichtung und eine einfache Federwaage zur Verfügung stehen; den Billetvorrath erhält der Zugsführer vom Bahnverwalter, die Tageseinnahme hat er täglich nach dem letzten Zug an denselben abzuführen.

Der Lokomotivführerdienst wird von Reserveführern (geprüften Heizern) der Hauptbahnen versehen, welche, sobald sie zu Lokomotivführern befördert werden, bei den Hauptbahnen Verwendung finden. Dem Führer ist ein Feuermann zugetheilt, welcher sich ausser zum Lokomotivdienst auch auf den Stationen beim Wagen- und Güterdienst verwenden lassen muss.

Maschinenhäuser befinden sich auf den Stationen, von welchen der Betrieb geleitet wird, ausserdem auf Anschlussstationen. Die Wasserbeschaffung in die Zisternen geschieht durch die Lokomotiven mittelst aufgestellter Ejektoren. Kleine Reparaturen werden in den Maschinenhäusern vollführt; behufs grösserer Reparaturen werden Lokomotiven und Wagen in die nächstgelegenen Werkstätten der Hauptbahnen geschafft, zu welchem Zweck für die schmalspurigen Bahnen besonders eingerichtete Transportgestelle auf den Anschlussstationen der Hauptbahnen vorhanden sind.

Die Lokomotiven der normalspurigen Sekundärbahnen sind Tenderlokomotiven mit zwei gekuppelten Achsen und einem äusseren Radstande von 2 m, welche ein Gewicht leer von 14.25 und 15.30 und im betriebsfähigen Zustande ein Adhäsionsgewicht von 18.76 und 20.10 t haben.

Die Lokomotiven der schmalspurigen Bahnen sind Tenderlokomotiven mit drei gekuppelten Achsen und einem Radstande von 1.80 m; das Gewicht beträgt leer 12.45, im Betriebe 16 t. Ausserdem kommen Tenderlokomotiven nach dem System Fairlie vor, mit Doppelkessel, vier Cylindern und zweimal zwei gekuppelten Achsen; ihr Gewicht beträgt leer 22.30, im Betriebe 28.90 t.

Auf allen Sekundärbahnen wird der Anschluss von Zweiggleisen ganz besonders gefördert und den Interessenten; Fabriken etc., welche diese Anschlüsse auf ihre Kosten herzustellen haben, sowohl für den Bau, als auch für den Betrieb die weitgehendsten Erleichterungen gewährt, welche durch besondere Verträge festgesetzt sind. Diese Abzweigungen gehen nicht nur von den Haltestellen, sondern auch von der freien Strecke ab, die Bedienung der Weichen, sowie der Betrieb auf diesen Abzweigungen obliegt ausschliesslich der Bahnverwaltung.

Die Tarife für die Güterbewegung sind verschieden und richten sich nach den lokalen Verhältnissen für jene Güter, welche innerhalb der Linie der Sekundärbahn verkehren; für die Güter jedoch, welche von der Sekundärbahn auf die Hauptbahn übergehen, ist der Tarif der Hauptbahn maassgebend; dagegen wird bei den Schmalspurbahnen im Allgemeinen keine Vergütung für das Umladen auf den Anschlussstationen den Frächtern berechnet, indem die Kosten des Betriebes auf diesen Bahnen bedeutend geringer sind, und die Verwaltung in Folge des höheren Tarifes der Hauptbahnen zu keinem Schaden kommt. Das Umladen der Güter auf den Anschlussstationen ist an Pächter vergeben, welche gewöhnlich für je 100 kg Stückgut 5 Pfg., für eine Wagenladung von 5000 kg 60 Pfg. erhalten; ausserdem werden auf einigen Stationen zur Beförderung solcher Güter, welche ein Umladen nicht vertragen, umsetzbare Wagenkästen benützt, welche mittelst Krannen von ihrem Drehgestell abgehoben und auf das Auswechslungsgestell der anderen Spur niedergelassen werden; auch wurden Versuche mit dem Langbein'schen Rollschemel gemacht, mittelst welchem die Hauptbahnwagen mit ihren Achsen und Rädern auf die schmalspurigen Geleise befördert werden.

Bei den normalspurigen Sekundärbahnen findet eine Ueberladung der Güter auf den Anschlussstationen nicht statt; es geht das leichtere Rollmateriale der Sekundärbahn direkt auf die Hauptbahn über. Für den Uebergang des Rollmateriales der Hauptbahn auf die Sekundärbahn werden in Folge des grösseren Radstandes nur zweiachsige Wagen mit Lenkachsen und vierachsige mit Drehschemel verwendet.

In bautechnischer Hinsicht ist bei der Besichtigung dieser Bahnen vor allem Anderen das Bestreben der möglichsten Billigkeit des Baues bei vollkommener Solidität der Ausführung bemerkbar. Die Gebäude auf den Haltestationen sind einfach mit den nöthigsten Räumen für den Dienst, einer Wohnung für den Bahnverwalter, Kasernraum für das Dienstpersonal und einem Wartezimmer ausgerüstet; auf den Haltestellen befinden sich entweder gar keine oder bloss hölzerne und zierlich ausgestattete Hallen für die wartenden Reisenden.

Der Unterbau ist möglichst dem Terrain angepasst, von den bestehenden Strassen als Unterbaukörper für die Bahn ist beinahe gar kein direkter Gebrauch gemacht, dagegen findet sich die Bahn vielfach unmittelbar an die Strasse und mit derselben in gleicher Höhe gelegt.

Die Brücken sind theilweise gewölbte, theilweise mit Eisenkonstruktionen überdeckt.

Für den Oberbau sind durchwegs Holzschwellen verwendet; die Schienen haben ein Gewicht bei den normalspurigen Bahnen von 31·3, bei den schmalspurigen Bahnen von 15·5 *kg* für den laufenden Meter; die Weichen sind einfache Spitzweichen, welche auf der freien Strecke, sowie auf jenen Haltestellen, wo kein stabiles Personale ist, für die Abzweigung in die Seitengeleise gesperrt gehalten werden; Drehscheiben sind beinahe gar keine vorhanden.

Die Spurweite für die schmalspurigen Linien beträgt 0·75 *m*, der kleinste vorkommende Krümmungshalbmesser 50 *m*, die grösste Steigung 30·33 *m* auf 1000 *m* Länge.

Auf den normalspurigen Linien beträgt der kleinste Krümmungshalbmesser 168 *m*, die grösste vorkommende Steigung 25 *m* auf 1000 *m*.

Die Fahrgeschwindigkeit beträgt, je nach der Steigung und dem Gewichte des Zuges, 15—20 *km* pro Stunde; als höchste zulässige Geschwindigkeit ist 20 *km* pro Stunde festgesetzt.

Die Kosten der Anlagen sämtlicher Sekundärbahnen im Mittel betrugen für:

normale Spurweite ohne Rollmateriale	. . .	96 920 Mk.
" " mit " "	. . .	107 100 "
schmale " ohne " "	. . .	46 790 "
" " mit " "	. . .	56 500 "

Die Betriebsauslagen betrugen auf den sechs in Betrieb stehenden schmalspurigen Bahnen nach dem statistischen Bericht vom Jahre 1886 für das Jahr 1885 zwischen 5222·44 und 2758·33, im Mittel 3265·29 Mk., die Betriebseinnahmen zwischen 8689·32 und 3164·62, im Mittel 4487·41 Mk. pro 1 *km* Bahnlänge, was einer Verzinsung des Anlagekapitales von 4·697—0·772, im Mittel von 2·120 % entspricht.

Spezieller Besichtigung wurden im Königreiche Sachsen während der Reise unterzogen die normalspurige Sekundärbahn Pirna-Bergishübel und die schmalspurige Bahn Hainsberg-Kipsdorf.

Die Linie Pirna-Bergishübel war die erste, welche in Sachsen als Sekundärbahn gebaut und im Jahre 1880 in einer Länge von 14·92 *km* eröffnet wurde. Sie zweigt von der Station Pirna der Hauptbahn Dresden-Bodenbach ab und läuft durchwegs längs dem Flüsschen Pirna auf eigenem Unterbau, grösstentheils an die bestehende Strasse unmittelbar anschliessend und in gleicher Höhenlage mit derselben, bis zum Städtchen Bergishübel.

Auf der Bahn kommen meist nur schwere Massengüter, Sand und Eisensteine, zur Verfrachtung. Der Transport erfolgt nur durch gemischte Züge, und zwar verkehren während des Winters je drei, während des Sommers je vier Züge, blos zur Tageszeit, in jeder Richtung.

Das Längenprofil der Linie zeigt eine fortlaufende Steigung von 2·5 bis höchstens 25⁰/₀₀ und einen kleinsten Krümmungshalbmesser von 180 *m*. Von der Linie zweigen theils von den Haltestellen, theils von freier Strecke sechs Abzweigungen, mit einer Gesamtlänge von 998 *m*, zu den verschiedenen Brüchen ab, welche auf Rechnung der Steinbruceigenthümer hergestellt wurden und deren Betrieb von der Bahnverwaltung besorgt wird. Eigenen Fahrpark besitzt die Bahn ausser den Lokomotiven und Personenwagen keinen, da die Güterwagen mit Lenkachsen der Hauptbahn an-

standslos übergehen können; die Lokomotiven, Tendermaschinen, haben ein Gewicht von 20·10 *t* und eine Zugkraft von rund 65 *t* auf der Steigung und bei einer Geschwindigkeit von 15 *km*.

Die Administration des Betriebes ist genau so wie sie im Allgemeinen für alle Secundärbahnen geschildert wurde; die Vergütung des Verkehres auf den Privatlinien erfolgt blos als Zu- und Abfuhrgebühr pro Wagen, je nach der Länge der Zweiglinie mit 0·60 bis 2·00 Mk. auf Grund fester Verträge; vom Abzweigwechsel tritt der Normaltarif der Bahn ein, und zwar von der nächstgelegenen Haltestelle an gerechnet. Haltestellen mit Ausweichgeleisen sind zwischen Pirna und Bergishübel vier vorhanden; der Sitz der Bahnverwaltung befindet sich in Bergishübel, woselbst auch einige Wohngebäude für das Bahnpersonale errichtet sind.

Befördert wurden nach dem statistischen Bericht für das Jahr 1886: Reisende 105 041 und Güter 89 897 *t*. Für einen Kilometer mittlere Bahnlänge:

Personenkilometer	79 101
Tonnenkilometer	31 146.

Die schmalspurige Linie Hainsberg-Kipsdorf, im Jahre 1882 eröffnet, zweigt von der Station Hainsberg der Dresden-Chemnitzer Hauptbahn ab, hat eine Länge von 25·74 *km* mit einer fortlaufenden Steigung bis Kipsdorf; die grösste Steigung beträgt 30·3⁰/₀₀, der kleinste Krümmungshalbmesser 50 *m*.

Zwischen Hainsberg und Kipsdorf sind 11 Haltestellen mit je einem Ausweichgeleise und die Hauptstation, Sitz der Bahnverwaltung, Dippoldiswalde mit zwei Ausweichgeleisen eingeschaltet.

Von der Linie zweigen fünf Privatgeleise mit einer Gesamtlänge von 712 *m* ab, welche auf Rechnung der Eigenthümer hergestellt wurden. Die Bedienung der Weichen, welche stets gesperrt sind, obliegt der Bahnverwaltung; die Zuführung und Abholung der Wagen bis über die Weiche des Zweiggeleises geschieht durch die Bahnverwaltung, während die Bewegung, Beladung und Ausladung der Wagen auf den Zweiggeleisen durch deren Inhaber erfolgen muss. Von der Weiche, beziehungsweise von der nächstgelegenen Station angefangen, tritt die tarifmässige Gebühr in Kraft.

Der Unterbau ist lediglich durch eigenen Bahnkörper gebildet, welcher streckenweise unmittelbar und in gleicher Höhenlage an die vorhandenen Strassen anschliesst; der Bahnkörper schmiegt sich vollkommen an das Terrain an, hat eine Planumsbreite von 2·95 *m* und übersetzt die Strasse längs der ganzen Linie 202mal im Niveau, von welchen Uebersetzungen nur zwei geschlossen, die übrigen unbe wacht sind.

Für die Zugförderung stehen zwei Fairliemaschinen mit zweimal zwei gekuppelten Achsen und einem Adhäsionsgewicht von 28·9 *t*, ferner als Reserve eine Tendermaschine mit drei gekuppelten Achsen und einem Adhäsionsgewicht von 16 *t* zu Gebote; die Fairliemaschinen haben eine Zugkraft von 120, die Tendermaschinen von 86 *t* bei 15 *km* Geschwindigkeit.

Die Personenwagen sind zwei- und vierachsrig, haben beiderseits Plattformen mit sechs Stehplätzen und 16, be-

ziehungsweise 33 Sitzplätzen an den Langseiten. Die zweiaxigen Wagen haben eine Gesamtlänge von 6.52 m, einen Radstand von 3.8 m mit den Lenkachsen, endlich ein Gewicht von 2575 kg mit und 2450 kg ohne Bremsen; die vierachsigen Wagen haben eine Gesamtlänge von 10.62 m, ein Gewicht von 4750 kg mit Bremsen, von den vier Achsen sind je zwei in einem Gestelle vereinigt, welches in einem Zapfen drehbar ist; der Radstand der Achsen beträgt 1.3 m, die Entfernung der Drehzapfen 7.1 m, die Breite des Wagenkastens ist 1.71 m.

Die gedeckten Güterwagen mit zwei Lenkachsen haben eine Länge von 6.48 m mit einem Fassungsraum von 15.72 m³, beziehungsweise 5000 kg Tragfähigkeit und 3.80 m Radstand, das Eigengewicht ist 2600 kg mit Bremsen und 2275 kg ohne Bremsen. Die offenen Güterwagen haben die gleichen Dimensionen wie die gedeckten, eine Tragfähigkeit von 5000 kg, ein Eigengewicht von 2375 kg mit Bremsen. Sowohl die Personen-, als auch die Güterwagen sind mit dem Einpuffersystem und der Häberleinbremse ausgerüstet.

Die Administration des Betriebes ist genau so, wie sie im Allgemeinen für die sächsischen Bahnen geschildert wurde; die Tarifsätze für den Güterverkehr sind die gleichen wie die der Hauptbahnen; ausserdem sind Expeditionsgebühren festgesetzt, welche für Güter, die sich innerhalb der Sekundärbahngrenze bewegen, im vollen Betrage, für Güter, die auf die Hauptbahn oder umgekehrt, übergehen, im halben Betrage eingehoben werden; eine weitere Vergütung der Umladung dieser Güter in Hainsberg findet nicht statt.

Die Einheitstaxe wird berechnet für je 100 kg und km Länge, die Expeditionsgebühr für je 100 kg in steigendem Verhältnis von 10 zu 10 km Länge; diese betragen:

Tarifeinheitssätze im Güterverkehr pro 100 kg.

Auf eine Entfernung	Eilgut	Stückgut	Wagenladung		Spezialtarif				Ausnahmestarif		
			A ₁	B	A ₂	I	II	III	1	2	3
			P f e n n i g e								
a) Einheitssatz:											
von je 1 km	2.20	1.10	0.67	0.60	0.50	0.45	0.35	0.26	0.30	0.55	0.50
b) Expeditionsgebühr:											
bis zu 10 km	20	10	10	8	8	8	8	8	8	12	12
v. 11 b. 20 km	22	11	11	9	9	9	9	9	9	12	12
„ 21 „ 30 „	24	12	12	10	9	9	9	9	9	12	12
„ 31 „ 40 „	26	13	13	11	9	9	9	9	9	12	12
„ 41 „ 50 „	28	14	14	12	9	9	9	9	9	12	12

Ein ganz besonderes Interesse bietet in Bezug der so vielfach angefeindeten nöthigen Umladung der Güter von einer Schmalspur- auf eine Normalspurbahn und umgekehrt die Haltestelle Kosmansdorf, welche von der Station der Hauptbahn, beziehungsweise Anfangsstation der schmalspurigen Sekundärbahn nur 1.05 km entfernt ist.

Angrenzend an die Haltestelle Kosmansdorf befindet sich eine Kammgarbspinnerei mit bedeutendem Export nach dem In- und Auslande. Diese hat sich auf ihre Kosten eine eigene Zweigbahn von der Haltestelle in ihr Fabriks-Etablissement mit der Spurweite der Sekundärbahnen von 0.75 m

erbaut und verfrachtet, trotz der verhältnissmässig kurzen Entfernung von 1.05 km von der Hauptstation und der nöthigen Umladung in Hainsberg, ihre sämtlichen Waaren auf dieser Bahn auf Grund eines Vertrages, nach welchem sie für Wagenladungen von 5000 kg ohne alle weitere Gebühr an Zufuhrgebühr bis Hainsberg 2 Mk. zu zahlen hat, in welchem Preis die Umladungskosten in Hainsberg inbegriffen sind. Sowohl die Eisenbahnverwaltung als auch die Fabriksgesellschaft finden nach diesem Vertrage noch ihre volle Rechnung, indem die Eisenbahnverwaltung, wie früher erwähnt, dem Umladepächter in Hainsberg für eine Wagenladung von 5000 kg bloß 60 Pf. bezahlt, und die Fabriksgesellschaft ihre Waaren gewiss nicht auf diese Art befördern würde, wenn ihr der Landtransport, selbst mit eigenen Pferden, billiger zu stehen käme. Dieses Beispiel muss ganz besonders hervorgehoben werden, da es einen unwiderlegbaren Beweis liefert, wie ungerechtfertigt die Behauptungen sind, dass Schmalspurbahnen nicht leistungsfähig wären und der hauptsächlichste Nachtheil für das Publikum in den Umladungsgebühren liege.

Die Gernrode-Harzgerode-Sekundärbahn, im Herzogthum Anhalt gelegen, ist schmalspurig und hat eine Länge von 18 km; sie zweigt von der Halberstadt-Wegeleben-Quedlinburg-Ballenstedt-Frose-Linie in der Station Gernrode der preussischen Staatsbahn ab und läuft über Mägdesprung-Alexisbad nach Harzgerode. Konzessionirt ist die Bahn von dem Anhalt'schem Staate im Oktober 1886; im August 1887 wurde das erste Stück 10.5 km Gernrode-Mägdesprung in Betrieb gesetzt; der Rest der Linie bis Harzgerode wird im Laufe des Sommers, voraussichtlich im Juli, dem öffentlichen Verkehr übergeben werden.

Das Zustandekommen dieser Bahn ist allein nur den jahrelangen Bemühungen der dortigen Einwohner, hauptsächlich aber dem Ober-Bürgermeister Dr. Brecht, dem Kreisdirektor Ulbrich und dem sächsischen Baurath Hostmann zu verdanken, da die Einführung der schmalen Spur sowohl bei der Bevölkerung als auch bei der Regierung auf grosse Schwierigkeiten stiess und diese erst durch die unwiderlegbaren Beweise, dass sich eine normalspurige Bahn unter keinen Verhältnissen rentiren könne, überwunden werden mussten.

Nachdem die Schwierigkeiten beseitigt und ein genaues Projekt mit Angabe der Baukosten verfasst war, bildete sich eine Gesellschaft, bestehend aus dem Anhalt'schen Staate, dem Kreis, den Städten und der Lokalbahn-Gesellschaft Hostmann & Comp. in Hannover unter dem Titel der Gernrode-Harzgerode-Lokalbahn-Gesellschaft, welche das Baukapital in Aktien aufbrachte und der Lokalbahn-Gesellschaft in Hannover nicht nur den Bau, ausschliesslich Rollmateriale, Grund und Boden, um den Pauschalbetrag von 900 000 Mk., sondern auch den Betrieb als Betriebspächter für den Zeitraum von 12 Jahren übergab.

Die Aktien, 900 Stück zu 1000 Mk., auf den Namen und Eigenthümer lautend, sind Stamm- und Vorzugsaktien, und zwar haben übernommen:

Stammaktien Lit. B.

Der Anhalt'sche Staat 300 000 Mk.

Der Kreis Ballenstedt 100 000 „

Die Stadt Quedlinburg	50 000 „
Die Stadt Harzgerode	30 000 „
Die Stadt Gernrode	10 000 „
Die Lokalbahn-Gesellschaft . .	110 000 „
Vorzugsaktien Lit. A.	
Die Lokalbahn-Gesellschaft . .	300 000 „
Zusammen	900 000 Mk.

Die Gesellschaft, auf deren Namen die Konzession für den Bau und Betrieb ausgestellt ist, wird verwaltet durch einen siebengliedrigen Aufsichtsrath, welcher durch einen aus demselben gewählten Vorstand gegenüber den Behörden vertreten wird, und im Namen der Gesellschaft den Bau und Betrieb zu leiten, beziehungsweise zu beaufsichtigen hat, zu welchem Zwecke demselben ein Ingenieur als technischer Beirath beigegeben ist.

Der von der Anhalt'schen Regierung genehmigte Gesellschaftsvertrag bestimmt, dass die 300 bevorzugten Aktien Lit. A. nicht nur bei der Vertheilung des Reingewinns vorzugsweise berücksichtigt, sondern auch im Falle einer Liquidation der Gesellschaft bei der Vertheilung des Gesellschaftsvermögens von den Stammaktien gedeckt werden; ferner bestimmt der Gesellschaftsvertrag im Sinne der Konzessionsurkunde, dass von der Gesellschaft aus den Ergebnissen des Betriebes ein Erneuerungs- und ein Unfallversicherungsfond zu gründen ist, welchen das Vorrecht vor der Auszahlung der Gewinnantheile an die Aktien eingeräumt wird.

Die Vertheilung der Gewinnantheile aus dem Reinertrage des Betriebes ist nach folgenden Bestimmungen geregelt und von der Regierung festgesetzt:

1. Aus dem Ertrage werden zunächst die Verwaltungs-, Unterhaltungs-, Betriebs- und sonstigen Auslagen, sowie alle auf dem Unternehmen haftenden Lasten bestritten.

2. Dann werden die etwa, bei geeignetem Zeitpunkte, festzusetzenden Tantiemen an die Beamten in Abzug gebracht.

3. Sodann werden die bestimmten Beiträge für den Erneuerungs- und Unfallversicherungsfond vorweg genommen.

4. Endlich wird der verbleibende Rest alljährlich nach Beschluss der Generalversammlung unter die Aktionäre als Gewinnantheil folgender Art vertheilt:

a) vorerst erhalten die Inhaber der Aktien Lit. A. $4\frac{1}{2}\%$ des Nennwerthes dieser Aktien;

b) der verbleibende Rest wird unter die Stammaktien Lit. B. so lange vertheilt, bis die Verzinsung 5% erreicht;

c) der etwa noch verbleibende Rest wird dann unter die sämtlichen Aktien Lit. A. und B. gleichmässig vertheilt.

5. Im Falle die Inhaber der Aktien Lit. A. in einem Jahre einen Gewinnantheil von $4\frac{1}{2}\%$ nicht erhalten könnten, so findet eine Nachforderung derselben nicht statt.

Wie früher erwähnt, ist der Betrieb der Bahn der Lokalbahn-Bau- und Betriebs-Gesellschaft in Pacht übergeben; die wesentlichsten Bestimmungen des vorläufig auf 12 Jahre abgeschlossenen Pachtvertrages lauten:

Die Pachtgesellschaft verpflichtet sich, den Betrieb und die Unterhaltung der Bahn durch einen Betriebsleiter besorgen zu lassen, welcher die Bestätigung der herzoglich Anhalt'schen Staatsregierung, sowie des Vorstandes der Eisenbahn-Gesellschaft bedarf. Ueber die erfolgte Anstellung

und Entlassung der anderen Betriebsbeamten ist dem Vorstände der Gesellschaft die Anzeige zu erstatten und den Wünschen des Vorstandes nach Möglichkeit Rechnung zu tragen. Alle öffentlichen Bekanntmachungen, welche den Fahrplan, das Tarif- und Beförderungswesen betreffen, haben durch den Vorstand der Gesellschaft zu erfolgen, sowie die Gesellschaft, resp. der Vorstand das Recht behält, jederzeit auf die Unterhaltung der Bahn- und Betriebsmittel Einfluss und in sämtliche Rechnungen, Bücher, Anordnungen etc. Einsicht zu nehmen.

Der Fahrplan, sowie die Tarife werden von der Pacht-Gesellschaft im Einverständniss mit dem Vorstände der Lokalbahn-Gesellschaft festgesetzt und bedürfen der Genehmigung der Regierung.

Sämtliche Einnahmen aus dem Betriebe der Bahn fliessen der Pacht-Gesellschaft zu; dagegen trägt sie die sämtlichen Kosten der Verwaltung, des Betriebes, der Unterhaltung und Erneuerung der Bahn und ihres Zubehöres etc. etc. und verpflichtet sich, an die Eisenbahn-Gesellschaft während der ersten drei Betriebsjahre 40% , während der Dauer der folgenden Betriebsjahre 45% in vierteljährigen Raten mit der Maassgabe abzuführen, dass die der Pacht-Gesellschaft verbleibende Resteinnahme mindestens den Betrag von 45 000 Mk. für 12 Monate erreicht.

Ergibt sich, dass nach Abschluss der Betriebsrechnung der Betrag von 45 000 Mk. der Pacht-Gesellschaft nicht verbleibt, so hat die Lokalbahn-Aktiengesellschaft den Fehlbetrag aus den an sie abgeführten Antheilen der Betriebseinnahme des Rechnungsjahres zurückzuerstatten. Sollten endlich diese letzteren zur Deckung nicht hinreichen, so ist der unbedeckte Betrag als unverzinsliche Forderung auf die folgenden Jahre zu übernehmen. Zur Sicherstellung der übernommenen Verpflichtungen hinterlegt die Pacht-Gesellschaft bei der herzoglich Anhalt'schen Regierung eine Summe von 20 000 Mk. bar oder in guten Werthpapieren. Die weiteren Bestimmungen des Pachtvertrages handeln von den gesetzlichen Vorschriften über die Sicherheit des Betriebes, von der Schlichtung etwaiger Streitigkeiten, Ablösung oder Liquidation der einen oder anderen Gesellschaft, von der Einflussnahme der Regierung auf den Betriebsdienst etc.

Die Spurweite der Bahn beträgt 1.0 m , die vor kommende grösste Steigung 40‰ , der kleinste Krümmungshalbmesser 60.0 m . Nachdem von dem kleinsten Radius bei der Anlage der Bahn der weitgehendste Gebrauch gemacht wurde, schmiegt sich diese auf das Möglichste dem Terrain an, so dass nur dadurch die gegenüber dem Terrain und Gebirgscharakter der Gegend verhältnissmässig sehr geringen Baukosten, pro 1 km 57 000 Mk. einschliesslich Grunderwerb, erklärt werden können. Bahnhöfe und Haltestellen sind, auf das Nothwendigste beschränkt, in solider, einfacher und freundlicher Weise ausgeführt.

Zum Oberbau sind Holzquerschwellen, Stahlschienen mit 21.05 kg Gewicht, Winkellaschen und Unterlagsplatten in den kleinen Krümmungen, verwendet. Die Lokomotiven sind dreiachsige Tendermaschinen mit 22.5 t Dienstgewicht, welche mit einer Geschwindigkeit von 15 km auf der grössten Steigung mit kleinstem Halbmesser ein Zugsgewicht von 42 000 kg befördern.

Die Personenwagen sind vierachsiger mit zwei Drehgestellen für zwei Achsen in einer Entfernung von 6.0 m; sie haben an jedem Eingange ein Plateau und bieten für 40 Sitz- und 12 Stehplätze Raum. Die Güterwagen sind zweiachsiger, haben einen Radstand von 2.40 m und eine Tragfähigkeit von 5000 kg. Das Eigengewicht beträgt bei den gedeckten Wagen mit Bremse 3550 kg, ohne Bremse 3050 kg; bei den offenen Wagen mit Bremse 3200 kg, ohne Bremse 2700 kg. Ausgerüstet sind alle Wagen mit der Häberleinbremse und dem Einpuffersystem. Die Verwaltung des Betriebes, die Expedition der Personen und Güter, der Fahrbetrieb selbst ist mit geringen Ausnahmen gleich jener der sächsischen Sekundärbahnen.

Die Frachtsätze und Fahrgebühren sind mässig je nach der Entfernung der Haltestelle festgesetzt, und zwar betragen diese:

Von Gernrode									
nach	Entfernung in Kilometern	Personen			Gepäck		Güter		
		II. Classe	III. Classe	Mili- tär	1 bis 30 kg	30 bis 50 kg	für 100 kg		
							Sper- rige	Stück- güter	Wagen- ladungen
P f e n n i g e									
Sternhaus	6	60	40	10	15	20	30	25	18
Mägdesprung	11	90	60	15	25	35	40	35	25
Alexisbad	15	120	80	20	30	45	50	42	30
Harzgerode	18	150	100	25	40	55	60	46	34

In den Gütertarifen sind die Kosten des Umladens in Gernrode von der Schmalspurbahn auf die Hauptbahn inbegriffen, so dass der Frächter keine weiteren Spesen zu tragen, noch für das Umladen selbst zu sorgen hat. Das Umladen geschieht von Seite der Gesellschaft und wird, wie bei den sächsischen Linien, einem Pächter übergeben.

Ueber die Rentabilität, beziehungsweise über die Grösse des Verkehrs liessen sich noch keine Erhebungen pflegen, da die Bahn doch verhältnissmässig erst kurze Zeit in Betrieb steht. Nach dem Charakter der Gegend und dem seit Jahren bestehenden Touristenverkehre nach dem Harzgebirge zu schliessen, wird der Hauptverkehr der Bahn in der Personenbeförderung besonders während der Sommermonate bestehen; der Güterverkehr dürfte wenigstens vorläufig nur einen geringen Umfang annehmen und erst später, wenn, wie beabsichtigt ist, die Fortsetzung bis nach Hasselfelde ausgebaut sein wird, grössere Bedeutung erlangen.

Die Feldbahn, im Grossherzogthum Sachsen-Weimar-Eisenach gelegen, verbindet das Thüringer Oberland in einer Länge von 44 km mit der Werra-Hauptbahn, zweigt von der Station Salzungen ab und läuft längs dem Feldaflüschchen über Lengefeld, Dermbach bis Kalten-Nordheim. Dieselbe ist mit einer Spurweite von 1.0 gebaut und hat, nach den zu Gebote stehenden Plänen, eine grösste Steigung von 33.30/100 (1:30), einen kleinsten Krümmungshalbmesser von 70 m und liegt auf einer Länge von 26 km theilweise ganz, theilweise unmittelbar neben der bestehenden Strasse, auf einer Länge von 17.9 km auf eigenem Bahnkörper.

Leider war das Wetter derart ungünstig und die zur Reise bestimmte Zeit soweit vorgeschritten, dass eine eigent-

liche Besichtigung und Befahrung der Linie aufgegeben werden musste, und die folgenden Mittheilungen sich nur auf die Erhebungen bei den maassgebenden Persönlichkeiten der Direction in Weimar beschränken.

Die Bahn ist von der grossherzoglichen Staatsregierung in's Leben gerufen und auf Kosten und als Eigenthum des Staates, trotz der vielfachen Angriffe gegen die schmale Spur und das System der Strassenbahn, durch die Lokomotivfabrik Krauss & Komp. in München, als Generalbauunternehmer und Betriebspächter, auf Basis eines bestimmten Vertrages und eines von der Regierung im Detail ausgearbeiteten Projectes übernommen.

Die wesentlichsten Bestimmungen des Vertrages, welcher im Jahre 1878 abgeschlossen wurde, sind:

Die Generalbauunternehmung verpflichtet sich, die sämtlichen Arbeiten zur Herstellung der 44 km langen Bahn, mit Ausnahme der Grunderwerbung und der Beistellung des Rollmaterials, um den Pauschalbetrag von 1 020 000 Mk., d. i. pro 1 km 23 185 Mk., nach den von der Regierung genehmigten Detailplänen auszuführen und als Generalpächter den Betrieb vom Zeitpunkte der Bauvollendung bis zum Jahre 1891 zu übernehmen, zu welchem Zwecke sie das nach den von der Regierung genehmigten Plänen, auf eigene Kosten ausgeführte, nöthige Rollmateriale beizustellen hat. Für die Dauer des Betriebes überlässt die Regierung der Lokomotivfabrik Krauss & Komp. die gesamte schmalspurige Feldbahn mit allen Haupt- und Nebenanlagen, Gebäuden, Inventar, Telegraphen und Reserve-materiale etc. zur pachtweisen Benützung, so dass dem Betriebsunternehmer alle aus dieser Benützung und aus dem Betriebe der Bahn zufließenden Beträge zukommen, dagegen alle Auslagen der Erhaltung der Bahn, des Inventars etc. von demselben getragen werden müssen, ferner für den Erneuerungsfond für jedes Betriebsjahr ein Barbetrag von 100 Mk. an die Regierung abzuführen und ein eiserner Naturalstand von 1% der auf der ganzen Bahnstrecke verwendeten Oberbaumaterialien zu erhalten ist.

Als Pachtsumme verpflichtet sich die Pachtbetriebsunternehmung folgende Pauschalbeträge in halbjährigen Raten an die Regierung zu zahlen:

Für die ersten 3 Jahre, bis zum 1. Jänner 1881 nichts
 „ „ Betriebsjahre 1881 und 1882. . . je 3 000 Mk.
 „ „ „ 1883 „ 1884. . . „ 6 000 „
 „ „ „ 1885, 1886 und 1887 „ 9 000 „
 „ „ „ 1888, 1889 „ 1890 „ 12 000 „

Von dem noch etwa vorhandenen Reinertrag des Betriebes ist an die Regierung bis zu einschliesslich 4% des Betriebscapitals $\frac{1}{40}$ dieses Betrages, bei einem noch höheren Reinertrag ausserdem noch von dem Mehrbetrage:

über 4 bis 5% noch $\frac{1}{20}$,

„ 5 „ 6% „ $\frac{1}{10}$,

„ 6% „ $\frac{2}{10}$

abzuführen, wobei jedoch bemerkt ist, dass diese Abgabe erst eintreten soll, wenn etwa vorausgegangene Betriebsabgänge gedeckt sind.

Die weiteren Bestimmungen des Vertrages handeln von der Sicherheit des Betriebes, der Geschwindigkeit, über das Tarifwesen, welches von der Genehmigung der Re-

gierung abhängt etc. Die Administration, sowie die Führung des Betriebes ist nach den erhaltenen Mittheilungen ähnlich der der früher beschriebenen Sekundärbahnen. Das sämtliche Rollmateriale, mit Ausnahme der Lokomotiven, ist zweiachsig mit einem Radstand von 2·30 m und nach dem Einpuffersystem gebaut.

Die Personenwagen enthalten 24 Sitzplätze und haben ein Gewicht von 4100—4300 kg; die offenen Güterwagen haben ein Eigengewicht von 2000 kg, eine Tragfähigkeit von 5000 kg, die gedeckten ein Eigengewicht von 2500 kg und eine Tragfähigkeit von 5000 kg. Die Lokomotiven sind dreiachsige Tendermaschinen mit einem Radstand von 1·80 m und einem Raddurchmesser von 0·8 m; ihr Adhäsionsgewicht im Dienst beträgt 14·75 t, ihre Zugkraft beträgt 2030 kg, was bei einer Geschwindigkeit von 20 km einer Leistung von 300 t Bruttolast auf der horizontalen und 50 t auf einer Steigung von 1:40 entspricht.

Die Tarife für den Güterverkehr betragen für 1 tkm Stückgüter

bis zu 5000 kg je nach der Entfernung . . .	20—30 Pfg.
für Wagenladungsgüter	7·5—10 „
für sperrige Güter	30—45 „

Das Umladen der Güter in Salzungen von der Schmalspurbahn auf die Werra-Hauptbahn wird von der Feldbahn auf ihre Kosten besorgt und berechnet sich je nach Beschaffenheit der Fracht auf 12—30 Pfg. für 1 t.

Für den Personenverkehr ist die Linie in 13 Zonen, eine jede zu 3·5 km, getheilt; die Tarife betragen für je eine Zone:

Tourbillets III. Klasse	14 Pfg.
II. „	20 „
Retourbillets III. „	22 „
II. „	30 „

Was endlich die Bau- und Betriebskosten, sowie die Rentabilität der Bahn anbelangt, so berechnen sich diese, nach den zur Verfügung gestellten Angaben und statistischen Ausweisen für das Jahr 1884, folgender Art:

Anlagekosten, einschliesslich Grunderwerb, Betriebs- und Rollmateriale 1 323 053 72 Mk.

Betriebseinnahmen . 112 247 01 Mk.

Betriebsauslagen . 81 481·55 „

Reinertragniss . 30 765·46 „

welchem eine Verzinsung des Anlagekapitals von rund 2·3 % entspricht.

Die während der Reise gemachten, im Vorhergehenden mitgetheilten Beobachtungen und Erfahrungen über das Wesen der Lokalbahnen niederer Ordnung in Deutschland insgesamt betrachtet, zeigen eine gewisse Uebereinstimmung in den verschiedenen Staaten, welche sich vor allem Anderen durch die allseitige Thätigkeit in der Schaffung und Erbauung neuer Linien zu erkennen gibt.

Man erkennt, dass die gesammte Bevölkerung und die einzelnen Regierungen von dem grossen Nutzen in volkswirtschaftlicher Beziehung, sowohl für die einzelnen Gegenden und Gemeinden als auch für die verschiedenen Staaten, die volle Ueberzeugung gewonnen haben, und dass ein stetes Fortschreiten in der Ausbreitung dieser Bahnen fernerhin stattfinden wird.

Man hat sich daselbst vollständig an den Charakter dieser Bahnen gewöhnt und betrachtet diese nicht mehr als ein untergeordnetes Verkehrsmittel, welches speziellen vereinzelt Zwecken zu dienen hat, sondern als ein ebenso nothwendiges Verkehrsmittel wie die Hauptbahnen und als das bis vor sehr kurzer Zeit noch fehlende Verbindungsglied zwischen den gewöhnlichen Strassen und den Vollbahnen überhaupt.

Die Abneigung gegen die bedeutend geringere Geschwindigkeit, gegen die vereinfachte und wesentlich veränderte Verwaltung und Führung des Betriebes, welche sich mehr oder weniger dem Strassenverkehre nähert, gegen die einfachere und auf das Nothwendigste beschränkte Anlage der Stationsplätze und Haltestellen, gegen die geringeren Bequemlichkeiten für das fahrende Publikum ist allenthalben geschwunden, indem man die Ueberzeugung gewonnen hat, dass nur auf diese Art das Bau- und Betriebskapital herabgemindert werden kann, dass die Anlage dieses Kommunikationsmittels, selbst bei dem geringsten Verkehre, ohne Schaden der Geldgeber noch durchführbar ist.

Ganz besonders muss in Betreff der Anlage dieser Bahnen hervorgehoben werden, dass sich das Prinzip der Schmalspurbahn allgemein Bahn gebrochen hat, insbesondere in gebirgigen Gegenden, z. B. in Sachsen, am Harz, im bayerischen Oberland, in Thüringen; dass ferner das Prinzip der direkten Benützung der bestehenden Strassen grossentheils verlassen wurde.

Die Ursache der Einführung der schmalen Spur liegt lediglich nur in dem bedeutenden Unterschiede der Kosten in gebirgigem Terrain zwischen der Anlage mit normaler und schmalen Spurweite und der überall gewonnenen Ueberzeugung, dass das Umladen der Güter von der schmalen auf die normale Spurbahn und umgekehrt für den Frächter gar keine Mehrkosten verursacht, und die Lokalbahn mit schmalen Spurweite genau dasselbe im Personen-, Militär- und Güterverkehre, bei geringeren Kosten, zu leisten im Stande ist, wie die normalspurige Lokalbahn.

Die Ursache der geringen Benützung der Strassen ausgenommen der grossen breiten Staatsstrassen, liegt hauptsächlich darin, dass nach den gemachten Erfahrungen die Erhaltungskosten des Strassentheiles während der ganzen Betriebsdauer weit grösser sind als die Zinsen des Kapitals, wenn die Bahn auf eigenem Körper direkt an die Strasse anschliessend und in gleichem Niveau mit derselben gelegt wird.

Schliesslich möge es noch gestattet sein, den Wunsch auszusprechen, dass Jedermann, welcher Gelegenheit hat nach Deutschland eine Reise zu machen, nicht verabsäumen möge, einzelne dieser Bahnen zu besuchen, die Leistungsfähigkeit, den Dienst und die Einrichtungen des Betriebes, endlich den Nutzen derselben zu beobachten; er wird gewiss als Anhänger und — selbst wenn er früher der grösste Gegner derselben gewesen wäre — mit dem Wunsche zurückkehren, dass auch in seiner Heimat diese Bahnen allgemein in kürzester Zeit in's Leben treten mögen.

Brünn, im April 1888.

Kinematische Theorie der statisch bestimmten Träger.

Von Ingenieur Robert Land, Lehrer an den technischen Staatslehranstalten in Chemnitz in Sachsen.

(Schluss zu Heft I.)

C. Die statischen Wirkungen bei vollwandigen Trägern*).

In Abschnitt B des ersten Theiles dieser Abhandlung (S. 16 u. s. w.) wurde der augenblickliche Bewegungszustand eines einfach (zwangsläufig) beweglichen ebenen Gebildes in allgemeiner Weise eingehend betrachtet. Da es für fast alle praktischen Fälle nur auf die Ermittlung der Einflusslinien für lothrecht wirkende Lasten ankommt, so lassen sich, wie bereits früher bemerkt, die allgemeinen kinematischen Betrachtungen wesentlich abkürzen und vereinfachen. Es sei deshalb gestattet, die für die Bedürfnisse des Praktikers genügenden einfachen kinematischen Betrachtungen nachträglich kurz mitzuthemen, um daran sofort die nachfolgenden Untersuchungen dieses Abschnittes zu knüpfen.

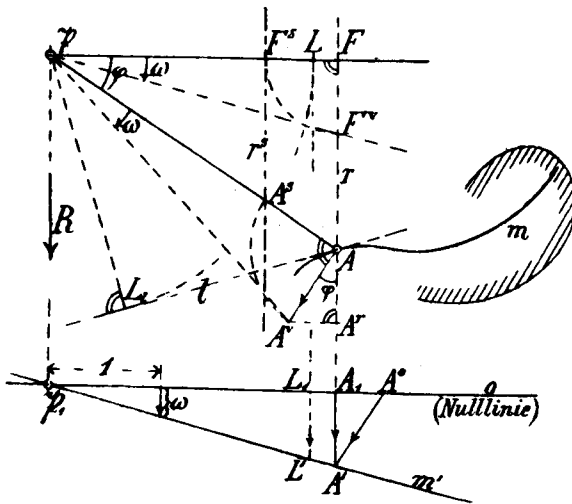


Fig. 1.

§. 25. Die Verschiebungslinie eines starren Gebildes und die Verschiebungsfigur einer kinematischen Kette. Ein beliebiges, ebenes starres Gebilde m (Fig. 1) drehe sich um einen äusserst (unendlich) kleinen Winkel ω um einen Pol P ; gesucht ist die Verschiebung $\overline{AA'}$ eines zugehörigen Punktes A in einer gegebenen Richtung R , d. h. die Projektion der wirklichen Verschiebung $\overline{AA'}$ auf die Richtung R . Man lege durch A eine Hilfslinie $r \parallel R$ und ziehe $P F \perp r$; nennt man den Winkel $\angle F P A = \angle A' P A = \varphi$, dann ist:

$$\overline{AA'} = \overline{AA'} \cos \varphi = \overline{PA} \cdot \omega \cos \varphi = \overline{PF} \cdot \omega, \text{ d. h. } (1)$$

1. Die bei einer verschwindend kleinen Drehung ω eines beliebigen starren Gebildes um einen Pol P erfolgte Verschiebung eines zugehörigen Punktes A in Richtung einer (durch A gelegten) Geraden r ist gleich dem Drehwinkel ω multipliziert mit dem Hebelsarm von P in Bezug auf r , oder anders ausgedrückt, gleich

*) Hierbei sind die Auflagerdrücke bei Fachwerkträgern inbegriffen, da es für dieselben gleichgültig ist, ob der Träger vollwandig oder fachwerkartig gebildet ist.

dem statischen Moment des im Pol P als Punktmasse wirkend gedachten Drehwinkels ω in Bezug auf r .

Denkt man sich jetzt die Gerade r mit A und m starr verbunden, so käme der Punkt F bei der Drehung nach F' und es ist:

$$\overline{FF'} = \overline{PF} \cdot \omega = \overline{AA'}, \text{ d. h. } \dots (2)$$

2. Die bei einer verschwindend kleinen Drehung einer Geraden (r) um einen Pol P erfolgenden Seitenverschiebungen (Verschiebungskomponenten) aller zugehörigen Punkte (z. B. A, F) in Richtung der Geraden selbst, sind einander gleich, nämlich gleich der (wirklichen) Verschiebung $\overline{FF'}$ des Fusspunktes F der von P auf r gefällten Senkrechten.

Hieraus folgt:

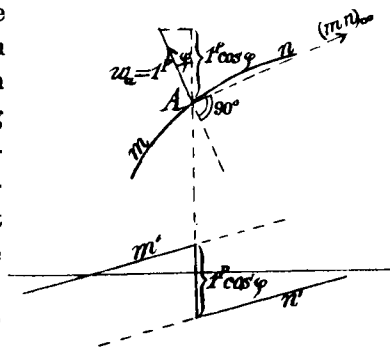
3. Dreht man die wirklichen Verschiebungen $\overline{AA'}, \overline{FF'}$... der Geraden r um einen rechten Winkel in gleichem Sinne, z. B. rechts herum, senkrechte Verschiebungen genannt, so dass sie auf die Polstrahlen nach $\overline{AA'}, \overline{FF'}$... gelangen, so liegen die Endpunkte der senkrechten Verschiebungen: A', F' ... auf einer Geraden $r' \parallel r$ im Abstände $\overline{FF'}$ von r ; denn die, für alle Punkte von r gleichen, Projektionen der wirklichen Verschiebungen auf r , sind gleich den Projektionen der senkrechten Verschiebungen auf eine Richtung $\perp r$.
4. Trägt man die Verschiebungen aller zum starren Gliede m gehörigen Punkte in Richtung von r (z. B. $\overline{AA'}$) von ihren Projektionen in dieser Richtung auf eine Gerade o , der Nulllinie, aus nach Grösse und Richtung (Sinn) als Ordinaten auf ($\overline{AA'} = \overline{A_1 A'}$), so liegen die Endpunkte derselben auf einer geraden Linie m' , der zu m gehörigen Verschiebungslinie, welche durch die Projektion P_1 des Poles P geht; denn die Verschiebung $\overline{AA'}$ hat für alle Punkte von r in der Richtung r gleiche Grösse und ist nach Gleichung 1) proportional der Entfernung \overline{PF} .

Aus der Verschiebungslinie m' und der Lage des zugehörigen Poles P lässt sich auch leicht die Grösse der Verschiebung eines Punktes A in ganz beliebiger Richtung l finden. Macht man nämlich auf der Geraden $P F \perp r$: $\overline{PL} = \overline{PL_1} = \overline{PL} \perp l$ (senkrechter Abstand P von l), so gibt die unter L befindliche Ordinate $\overline{L_1 L'}$ der Verschiebungslinie die Grösse der gesuchten Verschiebung von A in Richtung l ; denn diese Verschiebung ist nach Satz 2 gleich der wirklichen Verschiebung von L_1 und gleich der Verschiebung aller Punkte, welche auf einem mit $\overline{PL_1}$ um P geschlagenen (und mit m starr verbunden gedachten) Kreise liegen, also auch gleich der wirklichen, in der Richtung r erfolgenden Verschiebung von L , welche durch die darunter befindliche Ordinate von m' gemessen wird. Für $\overline{PL} = \overline{PA}$ erhält man auf diese Weise die Grösse der wirklichen Verschiebung von A ; für den Fall, dass die Nulllinie $o \perp R$ ist, wie in Fig. 1 gezeichnet, erhält man dieselbe Verschiebung auch durch Ziehen von $A' A'' \perp P A$, da dann $\overline{A' A''} \parallel \overline{AA'}$ ist.

derselbe ist der gemeinschaftliche Pol); überhaupt schneiden sich die zu zwei ganz beliebigen Gliedern m und n gehörigen Theile m' und n' der Einflusslinie lothrecht unter dem Pol $(m n)$ und die zwischen m' und n' befindliche lothrechte Ordinate in der wagerechten Entfernung 1 vom Schnittpunkte $(m n)'$ stellt den gegenseitigen Verdrehungswinkel zwischen m und n dar, gemessen mit der kinematischen Formänderung $w_a [= 1^P]$.

Sind zwei Trägerstücke durch eine Gleitverbindung miteinander verbunden, so dass sie sich gegenseitig nur parallel verschieben

Fig. 3.



(Fig. 3):

3. Die beiden Theile der Einflusslinie, welche zu

gleitend verbundenen Trägerstücken gehören (bei Schub- und Längskräften), sind einander parallel und haben einen in der Lothrichtung gemessenen Abstand gleich der gegenseitigen Verschiebung in lothrechter Richtung. Bildet die Gleitrichtung mit der Lothrichtung den Winkel φ und ist die Gleitung $w_a = 1^P$, so ist der lothrechte Abstand der beiden Parallelen (d. h. die zwischenliegende Ordinate) gleich $1^P \cos \varphi$.

Mit Hilfe dieser einfachen Beziehungen möge zunächst die Festlegung der einzelnen Einflusslinien nach den früher in §. 6 (S. 15) entwickelten verschiedenen Sätzen über dieselben nachstehend gezeigt werden.

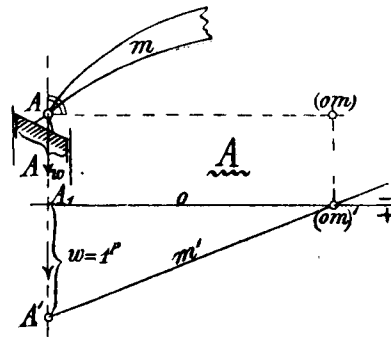
§. 27. Festlegung der (durch Polbestimmung ermittelten) Einflusslinien. Jede Einflusslinie einer statischen Wirkung W für eine über den Träger wandernde Einzelast $P = 1^P$ soll die Bedingung erfüllen, dass die zugehörige (durch W beabsichtigte) kinematische Formänderung $w = 1^P$ ist. Sind die Pole der durch die Formänderung w entstehenden kinematischen Kette gegen die feste Stützebene o ermittelt (vergl. §. 20), so ist die Einflusslinie nach den Sätzen 1—3 in §. 26 durch eine einzige Ordinate festgelegt, welche nachstehend für die verschiedenen Einflusslinien leicht gefunden werden kann; ein der betrachteten Trägerstelle (bei der gesuchten statischen Wirkung W) benachbartes Glied der beweglichen Verbindung möge hierbei mit m bezeichnet werden.

1. Einflusslinie eines lothrechten (abwärts gerichteten) Auflagerdruckes A . Bedingung: Lothrechte Verschiebung des Auflagers (Stützkörpers) bei A um eine Grösse $w = 1^P$. (Vergl. die frühere Fig. 6, S. 14.)

a) Festes Gelenklager, Fig. 4. Der Pol $(o m)$ muss auf der Wagerechten durch den Auflagerpunkt liegen; die unter A befindliche Ordinate der Einflusslinie ist deshalb $\overline{A_1 A'} = w = 1^P$ und es ist $m' = A' - (o m)'$.

b) Gleitendes Gelenklager auf der Gleitbahn g , Fig. 5. Die Polbestimmung erfolgt hier, indem man das gleitende Auflager einfach hinwegdenkt, wodurch die gegebene genügend starre Trägerart im Allgemeinen in eine

Fig. 4.



einfach bewegliche Verbindung übergeht, da ein gleitendes Auflager eben nur einer Auflagerbedingung entspricht. Die unter dem Auflager A befindliche Ordinate $\overline{A_1 A'}$ der Biegelinie ist gleich der lothrechten Projektion der wirklichen

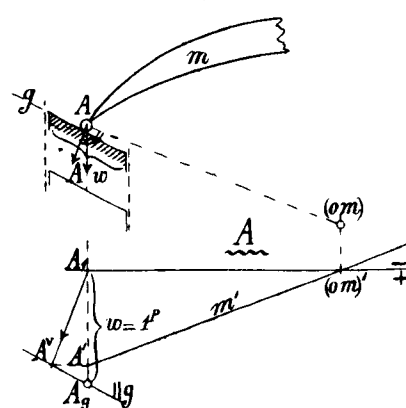
Verschiebung $\overline{A_1 A'}$ und diese erhält man wie folgt: mache $\overline{A_1 A_g} = w = 1^P$, dann ist

$$A' = \frac{l \mid A_1 \perp (o m) A}{l \mid A_g \parallel g} \text{ und } m' = A' - (o m)'.$$

Man erkennt, dass nur bei wagerechter Gleitbahn g die unter A befindliche Ordinate der Einflusslinie die Grösse 1^P besitzt.

Will man nicht die lothrechte Seitenkraft, sondern die wirkliche Grösse des ganzen Auflagerdruckes senkrecht zur Gleitbahn g ermitteln, so hat man die Verschiebung $w = 1^P$ des Auf-

Fig. 5.

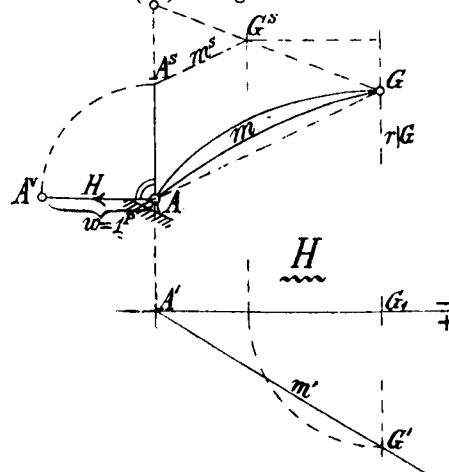


lagers in dieser Richtung ($\perp g$) zu bewirken; die zeichnerische Ermittlung der unter A befindlichen Ordinate der zugehörigen Einflusslinie folgt dann gleichfalls nach Fig. 5, nur hat man $\overline{A_1 A_g} = w = 1^P \perp g$ aufzutragen.

2. Einflusslinie eines wagerechten

Auflagerdruckes H . Bedingung: Wagerechte Verschiebung des Auflagers um eine Grösse $w = 1^P$, Fig. 6.

Fig. 6.



a) Festes Gelenklager. Der Pol $(o m)$ muss auf der Lothrechten durch

den Auflagerpunkt A liegen. Da die Ordinate der Biegelinie unter A gleich Null ist, muss man die Einflusslinie durch die Ordinate eines anderen zu m ge-

hörigen Punktes G festlegen. Dies geschieht hier am ein-

fachsten durch Ermittlung der senkrechten Verschiebungen (vergl. §. 25, 3). Bedeutet nach Früherem $r \mid A$ den lothrechten Projektionsstrahl durch A (vergl. S. 28),

so mache man auf demselben $A \overline{A} = w = 1^P$, dann ist $G^s = \frac{(om) - G}{l \mid A^s \parallel AG}$ und die unter G befindliche Ordinate $\overline{G_1 G'}$ (gleich der lothrechten Projektion der wirklichen Verschiebung von G) ist gleich der wagerechten Projektion der senkrechten Verschiebung $\overline{G G^s}$

und $\left\{ \begin{array}{l} \text{positiv, wenn } G^s \text{ links} \\ \text{negativ, „ } G^s \text{ rechts} \end{array} \right\}$ von $r \mid G$ liegt*), also nach der früher gegebenen Bezeichnungsweise: $\overline{G_1 G'} = \overline{G^s \perp r \mid G}$.

b) Gleitendes Gelenklager, Fig. 7. Hier gilt dieselbe Betrachtung wie unter 1b. Die unter A befindliche Ordinate $\overline{A_1 A'}$ der Biegelinie ist gleich der lothrechten Projektion der wirklichen Verschiebungen $\overline{A_1 A'}$, und diese erhält man folgendermaassen: Mache in wagerechter Richtung $\overline{A_1 A_g} = w = 1^P$, dann ist:

$$A^v = \frac{l \mid A_1 \perp (om) A}{l \mid A_g \parallel g} \text{ und } m' = A' - (om)'$$

3. Einflusslinie eines Biegemomentes M_z für einen Punkt Z , Fig. 8.

Bedingung: Gegenseitige Verdrehung der beiden, Z benachbarten Trägertheile in dem von M_z beabsichtigten Sinne um einen Winkel $w = \omega = 1^P$. M_z möge als positiv angesehen werden, wenn es den linken Trägertheil (m) gegen den rechten (n) nach rechts herum zu drehen beabsichtigt.

Sind nach Anbringung eines gedachten Gelenkes bei $Z = (mn)$ die Pole (om) und (on) der benachbarten Glieder m und n bestimmt, so muss die Einflusslinie die in Fig. 8 gezeichnete Gestalt besitzen, und die in der wagerechten Entfernung = 1 von der Projektion Z_1 befindliche lothrechte

Ordinate zwischen den Biegelinien m' und n' (das Maass des Verdrehungswinkels ω darstellend), muss gleich $w = 1^P$ sein. Die Festlegung geschieht am einfachsten durch Ermittlung der Ordinate von n' bei $(om)'$ oder der Ordinate von m' bei $(on)'$; in

*) Denn das unterhalb einer Wagerechten durch G gelegene positive Gebiet der abwärts gerichteten wirklichen Verschiebungen geht durch Rechtsdrehung in das links von $r \mid G$ befindliche Gebiet der senkrechten Verschiebungen über.

Fig. 7.

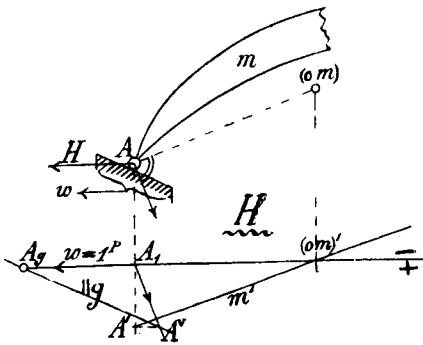


Fig. 8.

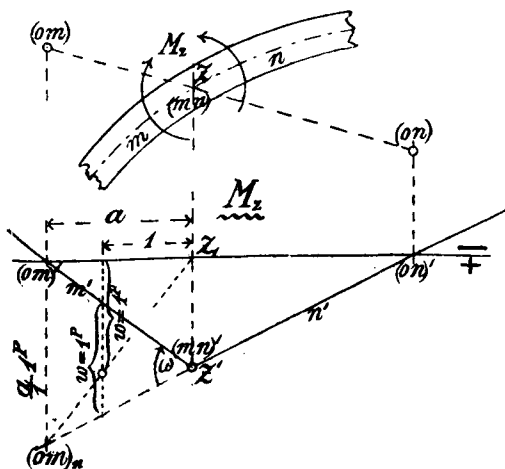
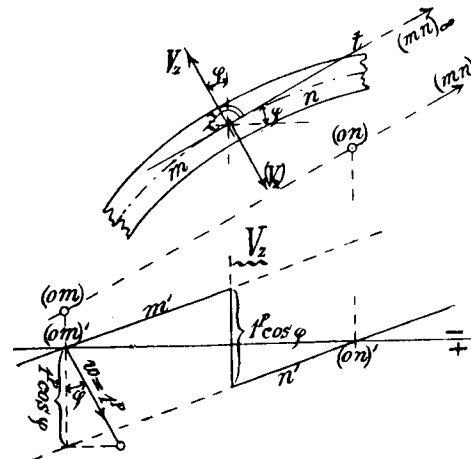


Fig. 8 ist der erste Weg gewählt. Ist der wagerechte Abstand des Poles (om) von Z gleich a , so ist $\overline{(om)'} \overline{(om)''} = \frac{a}{1} w = \frac{a}{1} 1^P$, welche Grösse als vierte Proportionale nach der Figur leicht gefunden werden kann. Für $1^P = 1$, d. h. wenn der Kräftemaassstab gleich dem Längenmaassstab ist, wird die Ordinate $\overline{(om)'} \overline{(om)''} = a = \overline{Z \perp r \mid (om)}$.

3a. Einflusslinie einer äusseren Faserspannung. Sucht man eine äussere Faserspannung σ_z für den bei Z gelegenen Querschnitt, so ergibt sich dieselbe bekanntlich am einfachsten aus der Beziehung: $\sigma_z = \frac{M}{W} = \frac{M}{F \cdot k}$, wobei M das Biegemoment um den zur betreffenden Faser gehörigen Kernpunkt K des Querschnittes F , W das Widerstandsmoment des Querschnittes und k den Abstand des Kernpunktes K vom Schwerpunkte bedeutet. Bringt man daher den gedachten Gelenkpunkt nicht im Schwerpunkt des Querschnittes, sondern in dem genannten Kernpunkt an und dreht die benachbarten Trägertheile m und n um einen Winkel $w = \frac{1}{W} = \frac{1}{F \cdot k}$, so stellt die zugehörige Biegelinie sofort die Einflusslinie für die betrachtete äussere Faserspannung dar.

Fig. 9.



4. Die Einflusslinie einer Schubkraft V_z für einen Punkt Z , Fig. 9.

Bedingung: Gegenseitige Parallelverschiebung der benachbarten Trägertheile m und n im Sinne von V_z um eine Grösse $w = 1^P$. V_z möge positiv sein, wenn es den

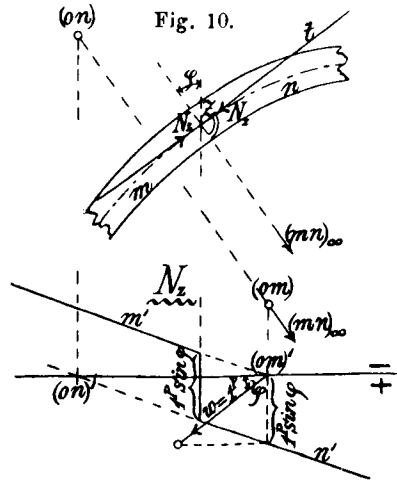
linken Trägertheil m gegen den rechten n nach aufwärts zu schieben beabsichtigt.

Die beabsichtigte Verschiebung wird durch Anbringung einer Gleitverbindung in Richtung V_z ermöglicht. Ist V_z

senkrecht zur Tangente t der Trägerachse bei Z gerichtet, so liegt demnach der Pol (mn) unendlich fern in der Richtung von t und es muss auch für die Polbestimmung $(mo) - (on) \parallel t$ sein, da alle drei genannten Pole auf einer Geraden liegen müssen. Ist der Winkel zwischen V_z und der Lothrechten, oder t und der Wagerechten gleich φ , so

müssen die Biegelinien m' und n' nach §. 26, 3, parallel sein und einen gegenseitigen lothrechten Abstand von $w \cos \varphi = 1^P \cos \varphi$ besitzen, so dass die Einflusslinie die gezeichnete Gestalt

Fig. 10.



haben muss, die sich durch die Ordinate $1^P \cos \varphi$ von n bei $(om)'$ leicht festlegen lässt, wie Fig. 9 ohne weitere Erklärung zeigt.

5. Die Einflusslinie einer Längskraft (Normalkraft) N_z bei einem Punkte Z in Richtung der Tangente t Fig. 10. Bedingung: Gegenseitige Parallelverschiebung der beiden benachbarten Trägertheile m und n im Sinne von N_z um eine Grösse $w = 1^P$. N_z möge hier positiv sein, wenn es einem Drucke entspricht, so dass eine gegenseitige Verschiebung w der beiden Trägertheile ineinander beabsichtigt wird.

Die beabsichtigte Verschiebung wird durch Anbringung einer Gleitverbindung in Richtung von N_z oder t ermöglicht. Der Pol (mn) liegt demnach unendlich fern in der Richtung $\perp t$ und es muss auch die Verbindungslinie $(om) - (on) \perp t$ sein. Ist wie vorhin der Winkel zwischen t und der Wagerechten gleich φ , so müssen die Biegelinien m' und n , parallel sein und

einen gegenseitigen lothrechten Abstand von $w \sin \varphi = 1^P \sin \varphi$ besitzen, so dass die Einflusslinie in ganz ähnlicher Weise wie im vorigen Falle durch die Ordinate $1^P \sin \varphi$ von n' bei $(om)'$ festgelegt ist, wie Fig. 10 zeigt.

Die Betrachtungen unter 4 und 5 bilden nur zwei besondere Fälle der allgemeineren Auffassung, bei welcher eine Schubkraft in ganz beliebiger Richtung gesucht wird, wobei die gegenseitige Parallel-Verschiebung w auch in dieser gegebenen Richtung zu erfolgen hat.

§. 28. **Beispiel I.** Für den in Fig. 11 gezeichneten Gerber'schen Gelenkträgers sollen die verschiedenen Einflusslinien für eine wandernde Einzellast $P = 1$ gezeichnet werden.

Dieses Beispiel wird vorangeschickt, um daran zu zeigen, wie sich in diesem einfachen Falle die Einflusslinien nach den gegebenen Sätzen als Biegelinien ohne Zuhilfenahme der in §. 25 gegebenen kinematischen Grundbetrachtungen und ohne irgendwelche Aufstellung statischer Beziehungen rein aus der Anschauung finden lassen. *) Bei B sei ein festes Gelenklager, bei A , C und D seien

wagerechte Gleitlager und bei G_1 und G_2 Gelenke angeordnet, so dass der ganze Träger aus drei einzelnen starren Theilen $A G_1$, $G_1 G_2$ und $G_2 D$ besteht. Liegen die Gelenkpunkte mit den Auflagerpunkten in gerader Linie, wie gezeichnet, so folgt daraus unmittelbar, dass bei einer bedingungs-gemässen (verschwindend kleinen) Formänderung w sich die einzelnen Trägertheile um die Auflagerpunkte (als Pole) drehen.

1. Einflusslinie des lothrechten Stützendruckes B ; bedingungs-gemässe Formänderung: Lothrechte Verschiebung des Auflagers B um $w = 1^P$.

Ist in Fig. 11 a: $A_1 B_1 C_1 D_1$ die Nulllinie der Verschiebungen und macht man $\overline{B_1 B'} = w = 1^P$, so erhält man ohne weitere Erklärung die gezeichnete Einflusslinie als Biegelinie in lothrechter Richtung.

2. Einflusslinie des Biegemomentes M_z bei Z . Bedingungs-gemässe Formänderung: Verdrehung des links von Z befindlichen Trägertheiles gegen den rechten um einen Winkel $w = 1^P$ nach rechts.

Die Einflusslinie muss die in Fig. 11 b gezeichnete Form haben; die Ordinate der verlängerten Biegelinie $G'_2 Z'$ bei B_1 ist $\overline{B_1 B'} =$

$$= \frac{z}{1} \cdot w = \frac{z}{1}$$

1^P , welche Ordinate nach Fig. 8 leicht gefunden werden kann. Will man z. B. das Moment in Meter-Tonnen haben, so muss die zwischen den Biegelinien $B_1 Z'$ und $Z' C_1$ befindliche lothrechte Ordinate in der wagerechten Entfernung $1m$ von Z die Grösse der zeich-

nerischen Darstellung von $P = 1^P = 1 t$ besitzen; die Ordinaten der Biegelinie, gemessen mit der Einheit 1^P , geben dann die Biegemomente in Meter-Tonnen. Macht man $1^P = 1$, so entsteht einfach $B_1 B' = z$. Hienach ist die Einflusslinie festgelegt.

Geschieht die Lastübertragung nicht unmittelbar auf den Hauptträger, sondern durch Vermittlung von Querträgern auf Zwischenträger, und liegt der betrachtete Querschnitt Z zwischen zwei Querträgern E, F , so besteht der unter EF befindliche Theil der Einflusslinie aus der geraden Verbindungslinie $E'F'$, der zu EF gehörigen Biegelinie des Zwischenträgers. (Vergl. §. 23 Schluss, S. 36.)

3. Einflusslinie der Schubkraft V_z bei Z . Bedingungs-gemässe Formänderung: Parallelverschiebung des

Fig. 11.

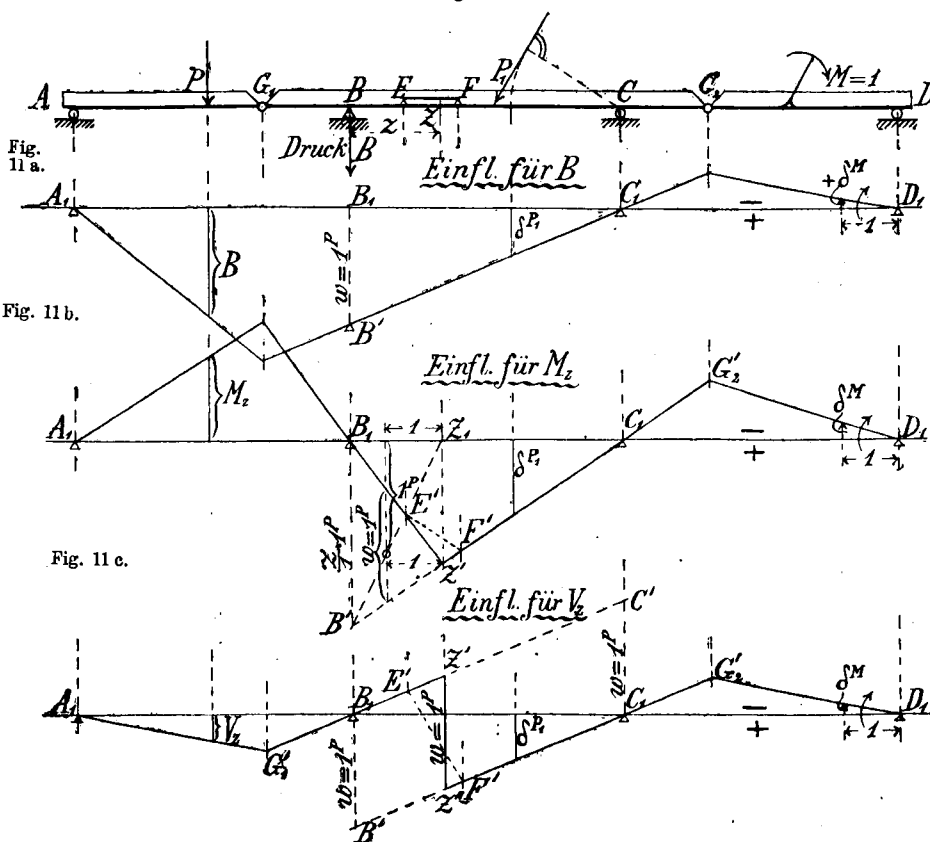


Fig. 11 a.

Fig. 11 b.

Fig. 11 c.

*) Der Verfasser hat dieses Verfahren bereits im Jänner 1883 vortragen.

links von Z befindlichen Trägertheiles gegen den rechten nach aufwärts um eine Grösse $w = 1^P$.

Die Einflusslinie muss die in Fig. 11 c gezeichnete Gestalt haben, da die lothrechten Ordinaten zwischen den Parallelen $G_1 Z'$ und $Z'' G_2$ die Grösse 1^P besitzen und die Auflagerbedingungen bei B und C erfüllt bleiben müssen. Durch die Ordinaten $\overline{B_1 B'} = \overline{C_1 C'} = 1^P$ ist hienach die Einflusslinie festgelegt. Liegt der betrachtete Querschnitt bei Z zwischen zwei Querträgern E, F , so tritt an Stelle der lothrechten Linie $Z' Z''$ die geneigte Verbindungslinie $E' F'$.

An das behandelte Beispiel mögen noch nachstehende Betrachtungen angeknüpft werden.

a) Die zwischen den Auflagern B, C befindlichen Theile der Einflusslinien stellen unmittelbar die Einflusslinien für den einfachen geraden Balken BC dar, da man sich die übrigen Trägertheile zwischen AB und CD beseitigt denken kann.

b) Die gezeichneten Einflusslinien bleiben ungeändert, wenn sich die Gelenk- und Auflagerpunkte in verschiedener Höhenlage befinden, aber die gleitenden Auflager wagerechte Gleitbahn haben; denn dann müssen die unter diesen Auflagerpunkten befindlichen Ordinaten der Biegelinie auch gleich Null sein, da sie keine lothrechte, sondern nur eine wagerechte Verschiebung besitzen.

c) Ist der Gerber'sche Träger fachwerkartig gebildet, z. B. nach Art von Fig. 25, S. 32, und sucht man die Einflusslinie einer zum mittleren starren Theile BC gehörigen Stabspannung, so ist diese Einflusslinie im mittleren Theile ganz entsprechend wie bei einem einfachen Balkenfachwerk, welches früher auf Seite 32 behandelt wurde. Die Theile der Einflusslinien für die nach Wegnahme des betrachteten Stabes entstehenden beiderseitigen starren Trägertheile werden bis zu den, den Hauptgelenken entsprechenden Punkten G'_1 und G'_2 verlängert und diese Punkte mit den Punkten A_1 , bzw. D_1 geradlinig verbunden. Die Einflusslinie eines Untergurtstabes entspricht dann ganz der in Fig. 11 b gezeichneten Einflusslinie eines Biegemomentes, was ja selbstverständlich ist, da entsprechende Ordinaten beider Linien nach der Beziehung $M = S \cdot \eta$ in konstantem Verhältnisse stehen (wobei η der Hebelsarm der Spannkraft S in Bezug auf den zugehörigen Dreh- oder Momentenpunkt ist).

d) Eine auf den mittleren Trägertheil wirkende geneigte Kraft $P_1 = 1$ erzeugt statische Wirkungen, welche durch die Verschiebung des Kraftangriffspunktes in Richtung von P_1 gemessen und bei den verschiedenen Einflusslinien nach §. 25, 4 durch die gezeichneten Ordinaten δ^{P_1} dargestellt werden, letztere immer gemessen mit der zugehörigen Formänderung $w = 1^P$.

e) Ein auf den rechten Trägertheil $G_2 D$ wirkendes rechtsdrehendes Moment $M = 1$ erzeugt statische Wirkungen, welche durch den zugehörigen Verdrehungswinkel w von $G_2 D$ im rechtsdrehenden Sinne gemessen werden, also, wie aus den Einflusslinien erkennbar, im vorliegenden Falle sämmtlich positiv sind und durch die Ordinaten δ^M in der wagerechten Entfernung 1 von D_1 gemessen werden; ein allgemeines Moment M erzeugt dem-

nach statische Wirkungen von den Grössen $W = M \cdot \delta^M$. (Dies folgt aus der Gleichung: $W w = M w = M \cdot \delta^M$ für $w = 1^P$; vergl. §. 5, S. 14 und §. 26, Satz I.)

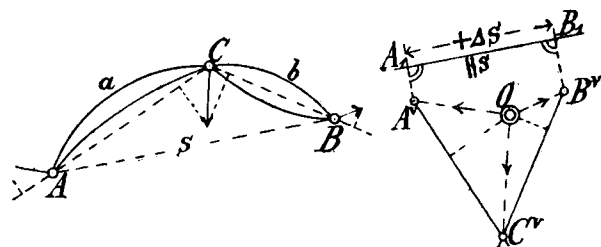
f) Wollte man eine Einflusslinie einer statischen Wirkung für einen Punkt des Trägertheiles AG_1 bestimmen, so erkennt man, dass eine zu AG_1 gehörige (kinematische) Formänderung auf Form und Lage des übrigen Trägertheiles ohne Einfluss ist, demnach umgekehrt zwischen G_1 und D wirkende Kräfte auf den Trägertheil AG_1 keine statischen Wirkungen ausüben.

§. 29. Allgemeine Eigenschaften der, den verschiedenen statischen Wirkungen entsprechenden Polfiguren der Verschiebungen.

Eine solche Polfigur entsteht, wenn man von einem angenommenen Pole O aus die bei einer Formänderung einer kinematischen Kette erzeugten wirklichen Verschiebungen der einzelnen Punkte nach Grösse und Richtung aufträgt. Die Grundbeziehung für die Ermittlung der Polfigur möge hier nochmals kurz vorangestellt werden.

Sind die Verschiebungen $\overline{OA'}$ und $\overline{OB'}$ zweier zu zwei starren Gliedern a und b gehöriger Punkte A und B gegeben (Fig. 12), so ergibt sich der zu einem, beiden Gliedern ge-

Fig. 12.



meinsamen Gelenkpunkt C entsprechende Punkt C' aus den Bedingungen: $A' C' \perp A C$ und $B' C' \perp B C$, d. h. nach der früher gegebenen Bezeichnungsweise: $C' = \frac{\overline{OA'} \perp \overline{AC}}{\overline{OB'} \perp \overline{BC}}$. Der Beweis folgt aus §. 25, Satz 2, da die Verschiebung $\overline{OC'}$ von C die beiden Bedingungen erfüllen muss, dass ihre Seitenverschiebungen in Richtung AC und BC gleich den entsprechenden Seitenverschiebungen von $\overline{OA'}$ und $\overline{OB'}$ sein müssen.*)

Da bei der verschwindend klein angenommenen Formänderung die Verbindungslinie $AB = s$ ihre Richtung im Allgemeinen auch nur verschwindend wenig ändert, ist die dabei entstehende Längenänderung $\Delta \overline{AB} = \Delta s$ gleich der Projektion der Verbindungslinie $\overline{A'B'}$ der Polfigur auf die Richtung $AB = s$, kurz bezeichnet mit:

$$\Delta \overline{AB} = \Delta s = \overline{A'B'} | s = \overline{A_1 B_1}$$

und positiv oder negativ, wenn $\overline{A_1 B_1}$ den gleichen, beziehungsweise entgegengesetzten Richtungssinn wie AB

*) Sind die beiden Glieder ab nicht unmittelbar durch einen Gelenkpunkt C verbunden, so gilt die gleiche Betrachtung, wenn man anstatt C den Pol (a, b) setzt, da derselbe als vorübergehend gemeinschaftlicher Gelenkpunkt aufgefasst werden kann; aus der gefundenen Verschiebung des gedachten Punktes (a, b) lassen sich dann wieder die Verschiebungen anderer Punkte ermitteln.

besitzt. *) Diese letzte Beziehung gilt für zwei ganz beliebige Punkte A, B und sie bildet auch die Grundlage für die folgenden Betrachtungen; so wie nämlich die Einflusslinie jeder statischen Wirkung W als Biegelinie für eine zugehörige kinematische Formänderung w nach §. 26 und 27 eine gewisse Bedingung erfüllen muss, gilt das Gleiche für die entsprechende Polfigur der Verschiebungen.

Die Aufgabe, die Polfigur der Verschiebungen für eine bestimmte kinematische Formänderung w zu ermitteln, kann verschiedene Formen annehmen; man kann die Polfigur ermitteln: 1. unter Erfüllung der Auflagerbedingungen, wobei sich im Allgemeinen alle Glieder gegen die feste Stützebene bewegen, 2. bei Festhalten eines Gliedes und nachträglicher Erfüllung der Auflagerbedingungen. Das erste Verfahren führt meist nur bei einfachen, allerdings den am meisten angewandten Trägerarten schnell zum Ziele; das zweite empfiehlt sich da, wo es nur auf die Ermittlung der Verschiebungen in einer gewissen (z. B. der lothrechten) Richtung ankommt.

In anderer Hinsicht kann man die beiden Aufgaben stellen: 1. Die Polfigur bei gegebener Art und vorgeschriebener Grösse von w zu ermitteln, 2. nur die Art der kinematischen Formänderung w zu geben und bei einer beliebig angenommenen, aber möglichen Verschiebung eines Punktes die sich dabei ergebende Grösse von w nachträglich festzustellen, welche Grösse dann nach Früherem als zeichnerische Darstellung der Kräfteinheit 1^P und der Einheit der gesuchten statischen Wirkung W aufgefasst werden kann. Dieses letzte Verfahren werde nachstehend behandelt, da sich aus demselben in jedem besonderen Falle leicht erkennen lässt, ob man auch bei vorgeschriebener Grösse von w [$= 1^P$] ohne erhebliche Umwege zu der gesuchten Polfigur gelangen kann. Zuvor werde jedoch noch bemerkt, dass man jede, im Allgemeinen aus krummen, gelenkartig verbundenen Stäben gebildete Trägerart für den durch die Formänderung w erzeugten Bewegungszustand ersetzt denken kann durch ein die Gelenke entsprechend (geradlinig) verbindendes Stabwerk.

1. w = Verschiebung eines Auflagers A , entsprechend einem gesuchten Auflagerdruck D .

a) Bei einem festen Gelenklager bildet man daraus ein in der Druckrichtung D verschiebbares Lager und zeichnet eine zugehörige Polfigur der Verschiebungen; die gefundene Verschiebung $w = \overline{OA^v} \parallel D$ des Auflagerpunktes A ist als zeichnerische Darstellung von $1^P = 1^D$ aufzufassen (Maasseinheit der Kraft und des Auflagerdruckes).

b) Bei einem auf einer Bahn g gleitenden Gelenklager denke man die Auflagerbahn in Richtung von D verschiebbar und die Polfigur zunächst für ganz weggenommen gedachtes Auflager gezeichnet, Fig. 13. Ist $\overline{OA^v}$ dann die aus der Polfigur gefundene Verschiebung des Auf-

*) Bei einem elastischen Stabwerk, bei welchem alle Stäbe s ihre Längen um Δs ändern, gelangt man durch Anwendung dieser Beziehung in einfacher Weise zu dem von Williot gegebenen Deformationspolygon; vergl. den Aufsatz von Skibinski, 1883, S. 23, dieser Zeitschrift.

lagerpunktes A , so erhält man die gesuchte Verschiebung der Auflagerbahn in der Druckrichtung $w = \overline{OD_s} \parallel D$ durch

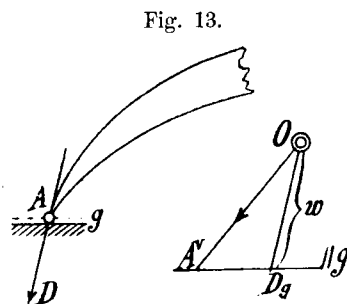


Fig. 13.

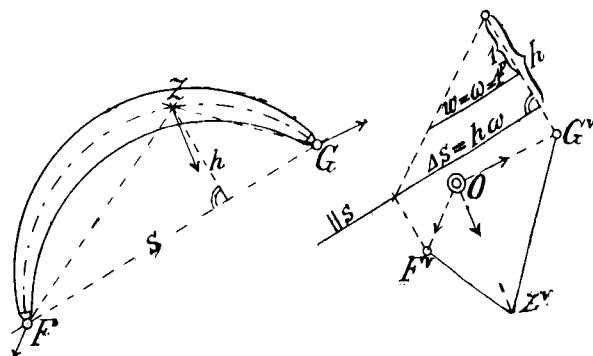
Ziehen von $A^v D_s \parallel g$; denn der verschobene Punkt A^v muss wieder auf der verschobenen Gleitbahn g liegen.

2. w = gegenseitige Verdrehung ω zweier bei Z benachbarter Querschnitte eines starren Trägerstückes FG ,

entsprechend einem gesuchten Biegemoment M_z bei Z , Fig. 14.

Es sei die Länge der Sehne $\overline{FG} = s$. Nach Einführung eines Gelenkes bei Z hat die zugehörige Polfigur die Bedingung zu erfüllen, dass die Projektion $\overline{F^v G^v} s = \Delta \overline{FG} = \Delta s = h \omega$ sein muss, wobei $h = \overline{Z \perp s}$; denn

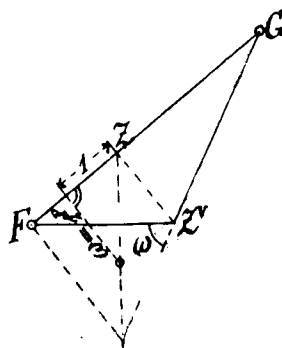
Fig. 14.



denkt man vorübergehend den Theil FZ festgehalten, so verschiebt sich G bei der Drehung von ZG in der Richtung s um die Grösse $\Delta s = h \omega$ (nach §. 25, Satz 1).

Sind also für eine zunächst beliebige Längenänderung $\Delta s = \Delta \overline{FG}$ die Punkte F^v und G^v der Polfigur ermittelt, so ergibt sich dann weiter Z^v , sowie die Grösse $h \omega = \overline{F^v G^v} s$, aus welcher schliesslich die Grösse der Verdrehung $\omega = 1^P = 1^M$ auf einfachem Wege (als vierte Proportionale) gefunden wird, wie Fig. 14 angibt. Ist anderseits F^v , sowie ein geometrischer Ort von G^v (eine Gerade, auf welcher G^v liegen muss) gegeben, so kann man den Maassstab für $\omega = 1^P = 1^M$ vorher festsetzen, daraus $h \omega$ ermitteln und umgekehrt weiter G^v und Z^v finden.

Fig. 15.



Besonderer Fall. Ist $h = 0$, d. h. liegt Z auf der Geraden FG , Fig. 15, so ergibt sich $\Delta s = 0$ und daraus folgt, dass bei der Verdrehung ω alle übrigen Trägerstücke ausser FG ihre Lage nicht ändern, die Verschiebungen der zugehörigen Trägerpunkte (einschliesslich von F und G) also Null sind, mit Ausnahme des zwischen FG befindlichen Theiles. Die Verschiebung $\overline{ZZ^v}$ erfolgt dann $\perp FG$ und dieselbe lässt sich nicht mehr durch eine Polfigur ermitteln,

sondern ergibt sich ganz so wie bei der Ermittlung der Einflusslinie des Biegemomentes bei Z für Kräfte, deren Richtung $\perp FG$ ist, wie Fig. 15 angibt.

3. w = gegenseitige Parallelverschiebung zweier bei Z benachbarter Querschnitte in der Richtung ψ gegen die Sehne $s = \overline{FG}$, entsprechend einer Schub- oder Längskraft bei Z , Fig. 16.

Die durch w erzeugte Längenänderung von s ist $\Delta s = w \cos \psi$. Versteht man unter ψ denjenigen

Winkel, welchen die Sehnenrichtung GF im Sinne der Rechtsdrehung durchlaufen muss, um in die relative Verschiebungsrichtung w_m des linken Gliedes m gegen das rechte zu gelangen,

so bestimmt das Vorzeichen von $\cos \psi$ gleichzeitig auch dasjenige von Δs , wie man durch die Anschauung leicht erkennt, d. h. es wird Δs positiv oder negativ, je nachdem es einer Verlängerung, bzw. Verkürzung von s entspricht.

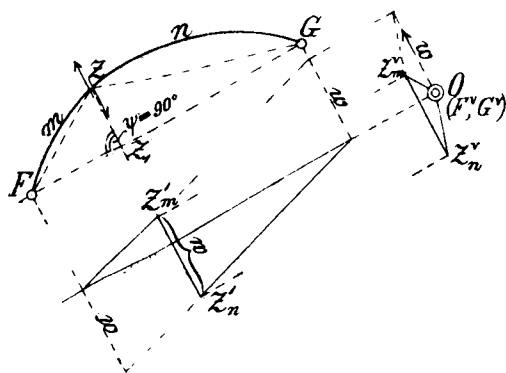
Für die zugehörige Polfigur muss demnach sein:

$$\overline{F^v G^v} | s = \Delta s = w \cos \psi.$$

Sind also für eine zunächst beliebig gedachte Längenänderung $\Delta s = \Delta \overline{FG}$ die Punkte F^v und G^v der Polfigur ermittelt, so lässt sich hienach aus dem bekannten Winkel ψ sofort die zugehörige Formänderung $w = 1^P$ zeichnerisch finden.

Bezeichnet man die durch Z gebildeten zwei Theile von FG mit m und n , so entsprechen dem Punkte Z von FG in der Polfigur zwei Punkte Z_m^v und Z_n^v . Denkt man sich zunächst Glied n festgehalten und m bedingungsgemäss

Fig. 17.

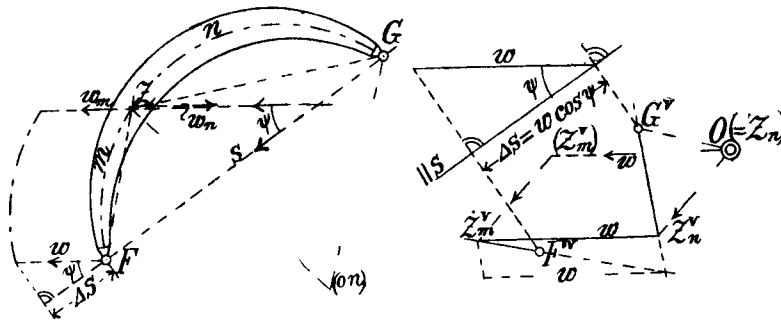


verschoben, so erhält man den zu Z_m gehörigen Punkt der Polfigur durch: $O(Z_m^v) = \overline{(Z_n^v)(Z_m^v)} = w$. Jetzt ist die nach der Formänderung w starr gedachte Verbindung $(m, n) = FG$ noch um einen gewissen Punkt [den Pol (on)] zu drehen, bis m und n die endgültigen Lagen einnehmen; beiden verschwindend nahe gedachten Punkten (Z_m) und $(Z_n) = Z$ ist demnach noch eine Verschiebung von gleicher Grösse und Richtung [$\perp Z(on)$] zu geben, woraus erhellt, dass für die neue endgültige Verbindungslinie $Z_m^v Z_n^v$ in der Polfigur die Beziehung folgt:

$\overline{Z_m^v Z_n^v} \neq w$ und im Sinne von w_n , d. h. der Verschiebungsrichtung des Gliedes n gegen m .

Sind also z. B. F^v und G^v durch die Polfigur gefunden, so ziehe man zur Ermittlung der Punkte Z_m^v und Z_n^v die beiden Linien: $l \mid F^v \perp FZ$ und $l \mid G^v \perp GZ$ und bestimme auf diesen beiden Linien die Punkte Z_m^v , bzw. Z_n^v , so dass die beiden Bedingungen erfüllt werden:
 $\overline{F^v G^v} | s = w \cos \psi$ (woraus w ermittelt wird) und
 $\overline{Z_m^v Z_n^v} \neq w$.

Fig. 16.



Ist anderseits F^v , sowie ein geometrischer Ort von G^v gegeben, so kann man den Maassstab für $w = 1^P$ vorher festsetzen, daraus die Grösse $w \cos \psi = \overline{F^v G^v} | s$ bestimmen, wodurch G^v gefunden wird, und dann, wie eben angegeben, Z_m^v und Z_n^v weiter ermitteln.

Besonderer Fall. Ist $\psi = 90^\circ$, Fig. 17, so wird $\Delta s = 0$ und daraus folgt, genau wie oben unter 2., dass die Lage aller übrigen Trägerstücke ausser FG ungeändert bleibt, die Verschiebungen aller Trägerpunkte (einschliesslich von F und G) also zu Null werden, mit Ausnahme des zwischen FG befindlichen Theiles; die Verschiebungen von Z_m und Z_n erfolgen dann $\perp FZ$, bzw. $\perp GZ$ und dieselben lassen sich bei gegebenem w leicht durch die Polfigur ermitteln. Nur dann, wenn der Punkt Z auf der Geraden FG selbst liegt (z. B. für ein gerades Trägerstück FG) wird die Ermittlung der Verschiebungen durch eine Polfigur hinfällig; dieselben ergeben sich jedoch in diesem Falle ganz so, wie bei der Ermittlung der entsprechenden Einflusslinie bei Z für Kräfte, deren Richtung $\perp FG$ ist, wie Fig. 17 zeigt.

Einige Folgerungen. Die unter 2. und 3. erwähnten Bedingungen für die Polfiguren gelten allgemein, gleichgiltig ob überhaupt ein Glied, bzw. welches Glied der kinematischen Kette während der Formänderungen derselben festgehalten gedacht wird, wie aus den einfachen Betrachtungen von selbst folgt.

Ferner erkennt man, dass es für die Ermittlung einer inneren statischen Wirkung (M , V , N) an einem Punkte (Z) eines starren Trägerstückes (FG) genügt, für irgend eine Längenänderung $\Delta \overline{FG} = \Delta s$ die zugehörige Polfigur, gerade so wie bei den früher behandelten Stabwerken, zu zeichnen (oder auch die mit ihr verwandte Figur F^v , vergl. Beispiel 2) und nachträglich dann die zu Z gehörige dabei eintretende kinematische Formänderung w^m , bzw. w^v , bzw. w^n in der angegebenen einfachen Weise festzustellen und als Einheit für P und M , bzw. V , bzw. N aufzufassen; hiedurch ist es möglich, wenn man den Punkt Z des Gliedes FG noch wandern lässt, aus einer einzigen Polfigur alle inneren statischen Wirkungen für beliebige zu FG gehörige Punkte zu ermitteln, wobei für die Behandlung der vorhin erwähnten besonderen Fälle ($\Delta s = 0$) das dort Gesagte natürlich auch hier bestehen bleibt. Ist der eine Endpunkt des betrachteten Trägerstückes (FG) ein Auflagerpunkt, so kann man dieselbe Polfigur in ganz ent-

sprechender Weise auch zur Ermittlung eines beliebig gerichteten Auflagerdruckes D verwenden, indem man den Punkt Z unendlich nahe an das Auflager rückt und die statische Wirkung (Druck) des Trägerstückes auf das an das Auflager stossende, unendlich kleine Trägertheilchen in der gegebenen Druckrichtung D sucht, ganz entsprechend wie bei V und N .

Das hier erwähnte Verfahren ist dann vorteilhaft, wo verhältnismässig viel gegenseitig bewegliche Glieder vorhanden sind und im Uebrigen nach den gemachten Bemerkungen leicht an einem derartigen Beispiele auszuführen, so dass auf die Angabe eines solchen hier verzichtet werde.

§. 30. **Beispiel 2.** Für den in Fig. 18 gezeichneten statisch bestimmten Bogenträger mit einem festen Gelenklager A und einem auf einer geneigten Gleitbahn g bei B gleitenden Auflager sollen die verschiedenen Einflusslinien für lothrecht wirkende Lasten ermittelt werden.

Die Lösung dieser Aufgabe kann auf verschiedenartigen kinematischen Wegen geschehen, welche vorher allgemein angegeben sind. Das vorliegende Beispiel werde durch drei verschiedene Verfahren, zum gegenseitigen Vergleich, behandelt: 1. Durch Polbestimmung (nach §. 27), 2. durch Ermittlung der Figur F^s der Endpunkte der senkrechten Verschiebungen (§. 25, 3, auch früher §§. 13, 17, 19^a) und 3. durch eine Polfigur der wirklichen Verschiebungen (F^v).

Der Kürze wegen werde die Lothrichtung in der Folge mit r und die wagerechte Richtung mit r' bezeichnet.

a) Die Einflusslinie des lothrechten Auflagerdruckes A , Fig. 18^a. Bedingung: lothrechte Verschiebung des Auflagers A gleich $w = 1^P$.

1. Polbestimmung. Wird zur Abkürzung der ganze starre Träger mit a bezeichnet, so ergibt sich der Pol $(oa)_A = \frac{l | A \perp r }{l | B \perp g}$; durch die unter A befindliche Ordinate $\overline{A_1 A'} = 1^P$ ist die Einflusslinie bestimmt.

2. Figur F^s . Man mache in wagerechter Richtung

$A A_A^s = 1^P$, dann ergibt sich $B_A^s = \frac{l | A_A^s \parallel AB }{l | B \perp g}$ und es ist

die lothrechte Ordinate $\overline{B_1 B'} = \overline{B B_A^s} r'$ (gleich der wagerechten Projektion der senkrechten Verschiebung $\overline{B B_A^s}$).

3. Polfigur der Verschiebungen. (Der einem Trägerpunkt P entsprechende Punkt der Polfigur werde jetzt kurz mit P^v bezeichnet.) Ist $O = B_1$ der Pol auf der angenommenen Nulllinie $A_1 B_1$, so ist bedingungsgemäss $\overline{O A^v} = w = 1^P \parallel r$ und es ergibt sich B^v aus den beiden Bedingungen: $O B^v \parallel g$ und $A^v B^v \perp AB$ (oder $\Delta \overline{A B} = 0$); es ist die Ordinate $\overline{B_1 B'} = \overline{O B^v} r$.

b) Einflusslinie des lothrechten Auflagerdruckes bei B , Fig. 18 a. Bedingung: Lothrechte Verschiebung der Auflagerbahn bei B gleich $w = 1^P$.

Der Träger dreht sich um A , also ist $(oa)_B = A$ und es handelt sich nur um Ermittlung der Ordinate $\overline{B_1 B'}$. Die

in §. 27 und §. 29 angegebenen beiden Verfahren fallen hier zusammen. Legt man Pol O auf B_1 und macht man $\overline{O B^s} = w = 1^P$, so ergibt sich B^s aus den beiden Bedingungen $O B^s \perp AB$ und $B^s B^v \parallel g$ und man erhält B'_B durch wagerechte Projektion von B^s .

c) Einflusslinie des wagerechten Stützdruckes H (nach aussen) bei A . Bedingung: Wagerechte Verschiebung von A nach aussen gleich $w = 1^P$, Fig. 18 b.

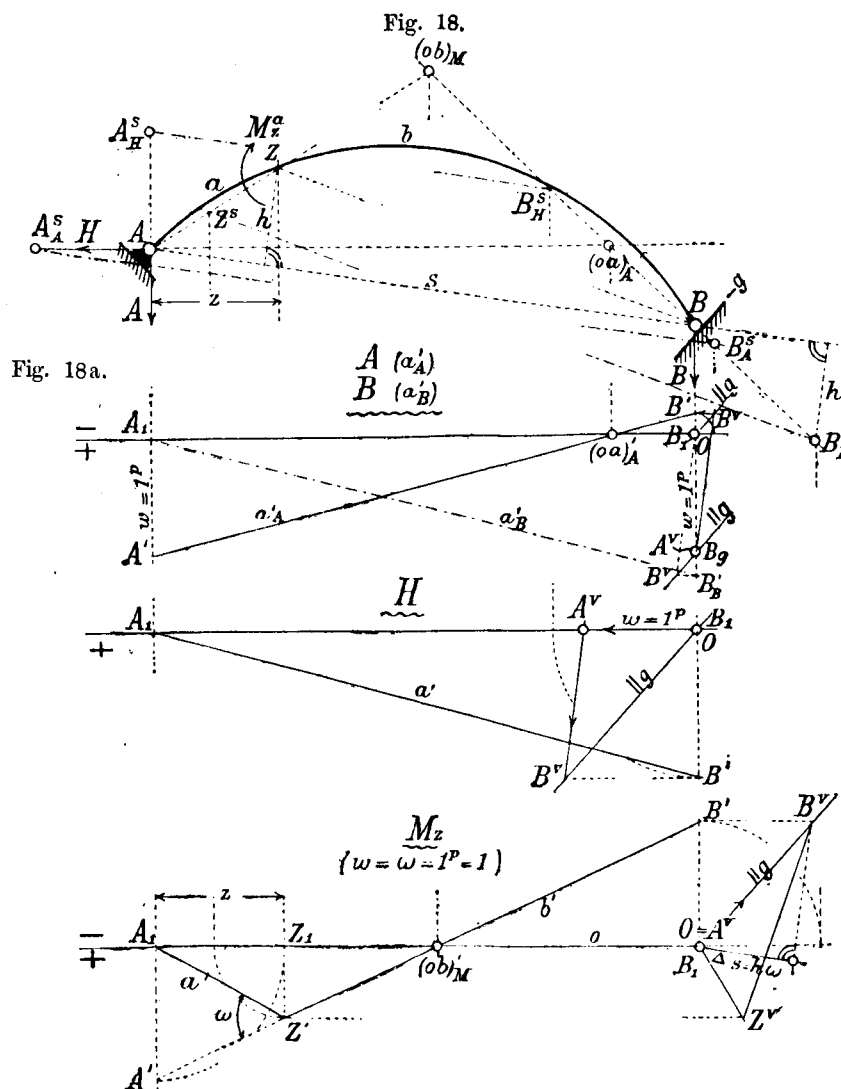
Die Polbestimmung führt hier nicht zum Ziele, da Pol $(oa)_H$ auf dem Projektionsstrahl $r \parallel A$ liegt.

1. Figur F^s . Man mache in Fig. 18 auf $r \parallel A$ nach aufwärts $A A_H^s = 1^P$, dann ist $B_H^s = \frac{l | A_H^s \parallel AB }{l | B \perp g}$ und die in Fig. 18 b unter B befindliche Ordinate $\overline{B_1 B'} =$

$= \overline{B B_H^s} r'$. Die Einflusslinie geht durch A_1 und B' .

2. Polfigur der Verschiebungen. Es sei Pol $O = B_1$. Für $\overline{O A^v} = 1^P \parallel r'$ ergibt sich B^v aus den beiden Bedingungen: $O B^v \parallel g$ und $A^v B^v \perp AB$; es ist die Ordinate $\overline{B_1 B'} = \overline{O B^v} r$.

Sucht man die Einflusslinie des wagerechten Stützdruckes H bei B , so hat man das Gleitlager um die Grösse 1^P wagerecht nach



aussen zu verschieben; dann dreht sich der Träger um A , und nimmt man in Fig. 18b A^v als Pol O an, so ergibt sich aus $\overline{A^v B_1} = w$ für B^v dieselbe Lage wie vorhin in Fig. 18b, so dass die Ordinate $\overline{B_1 B'}$ und demgemäss auch die Einflusslinie $A_1 B'$ ungeändert bleibt, d. h. bei jeder lothrechten Belastung sind die beiden wagerechten Auflagerdrücke bei A und B einander gleich, ein Ergebnis, welches bekanntlich unmittelbar aus den Gleichgewichtsbedingungen der Statik folgt. Nimmt man die Verschiebungsrichtung des Gleitlagers $w \perp g$, so erhält man die Einflusslinie des wirklichen Stützdruckes $\perp g$.

d) *Einflusslinie des Biegemomentes M^z bei Z . Bedingung:* Verdrehung des links von Z befindlichen Trägertheiles $AZ = a$ gegen den rechts gelegenen Trägertheil $ZB = b$ um einen Winkel $w = \omega = 1^\circ$ nach rechts, Fig. 18 c.

1. Polbestimmung. Es ergibt sich $(o a)_M = A$;
 $(a b)_M = Z$; $(o b)_M = \frac{l | B \perp g}{(o a)_M - (a b)_M}$. Die gesuchte Einfluss-

linie muss hienach die in Fig. 18c gezeichnete Gestalt haben. Die Festlegung geschieht durch die lothrechte Ordinate zwischen den Verschiebungslinien a' und b' bei A_1 oder bei der Projektion $(ob)_M$; die erste ergibt sich zu: $\overline{A_1 A'} = z \omega = z 1^\circ$, wobei z die Abszisse von Z bedeutet, von A aus gerechnet. Für $1^\circ = 1$ (d. h. Kräfte- und Momentenmaassstab = Längenmaassstab) entsteht unmittelbar $\overline{A_1 A'} = z$, wie gezeichnet.

2. Polfigur der Verschiebungen.

Es sei $\overline{AB} = s$ und der Abstand $Z \perp AB = h$. Wählt man den Pol $O \equiv B_1$, so ergibt sich $A^v \equiv O$ und man erhält die Lage von B^v aus den beiden Bedingungen: $O B^v \parallel g$ und $\Delta \overline{AB} = \Delta s = h \omega = \overline{A^v B^v} s = \overline{O B^v} s$. Daraus ergibt sich Z' weiter aus den Bedingungen $O Z' \perp AZ$ und $B^v Z' \perp BZ$, wodurch die Einflusslinie bestimmt ist.

3. Figur F^s . Aus der Bedingung $\Delta s = h \omega$ folgt die Lage von B^v auf der Geraden $l | B \perp g$ durch: $\overline{B^v M} \perp s = \Delta s = h \omega$ und auf derjenigen Seite von B , für welche

die Richtung AB um B^v_M rechts herumdreht (entsprechend einem positiven Δs ; vergl. §. 9, S. 18). Dann folgt:

$Z' = \frac{l | B^v_M \parallel BZ}{A - Z}$. Durch Projektion von B^v_M, Z' auf die Nulllinie $A_1 B_1$ und Linksdrehung dieser Projektionen um die Projektionen B_1, Z_1 erhält man die entsprechenden Punkte B', Z' der Einflusslinie; in Zeichen ausgedrückt sind die Ordinaten:

$\overline{B_1 B'} = \overline{B B^v_M} r' = - \overline{B^v_M} \perp r | B$ und $\overline{Z_1 Z'} = \overline{Z Z'} r' = + \overline{Z^s} \perp r | Z$ (vergl. §. 19, 4a und b, S. 26; demgemäss ist $\overline{B_1 B'}$ negativ, d. h. oberhalb der Nulllinie liegend, weil B^v_M rechts von $r | B$ liegt).

e) *Die Einflusslinie der Schubkraft V_z bei Z (senkrecht*

zur Tangente t an Z gerichtet), Fig. 19. Bedingung: Parallelverschiebung des linken Trägertheiles $AZ = a$ gegen den rechten Trägertheil $ZB = b$ im Sinne von V_z um eine Grösse $w = 1^\circ$.

1. Polbestimmung. Es ist $(o a) = A$; der Pol $(a b)$ liegt auf t unendlich fern und werde deshalb mit $(ab)^\infty$ bezeichnet; dann ergibt sich:

$$(o b)_V = \frac{l | B \perp g}{(o a) - (a b)^\infty} = \frac{l | B \perp g}{l | A \parallel t}$$

Ist der Winkel zwischen t und der Wagerechten, oder V und der Lothrechten gleich φ , so ist die durch die Parallelverschiebung bei Z um die Grösse $w = 1^\circ$ entstehende gegenseitige lothrechte Verschiebung der Trägertheile a und b gleich $1^\circ \cos \varphi$; hienach ergibt sich die in Fig. 19a gezeichnete Einflusslinie ohne weitere Erklärung.

2. Die Polfigur der Verschiebungen. Da der Winkel $\phi > 90^\circ$, so ist $\Delta s = w \cos \phi$ negativ, also ergibt

sich bei der bedingten Formänderung w eine Verkürzung von $\overline{AB} = s$. Die Lage von B^v für den Pol $O \equiv A^v$ folgt demnach in Fig. 19a aus den beiden Bedingungen: $O B^v \parallel g$

Fig. 19.

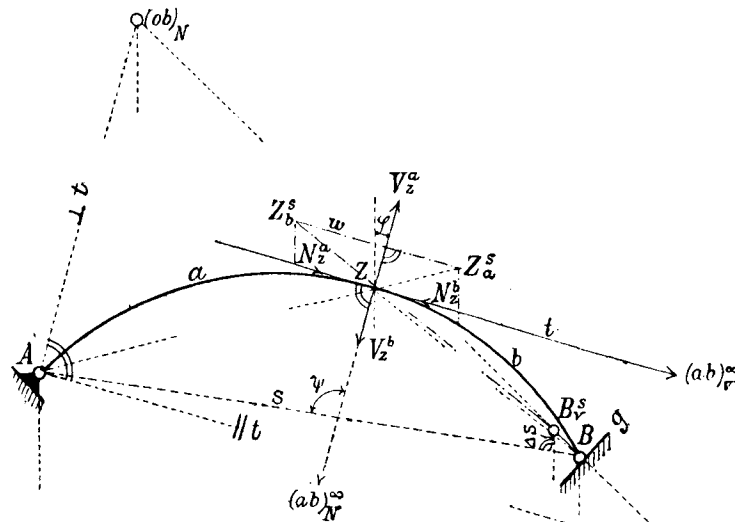


Fig. 19a.

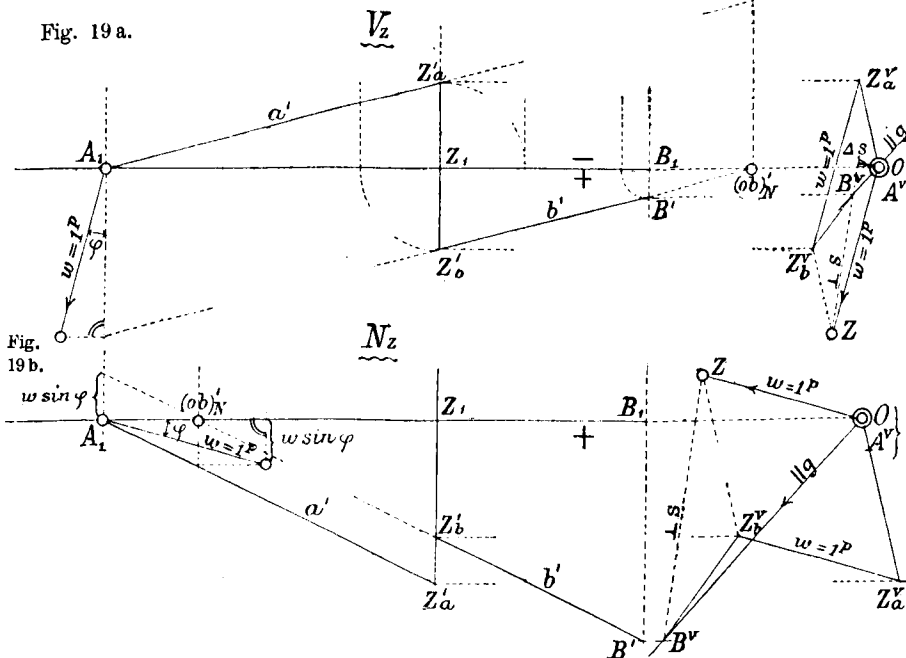
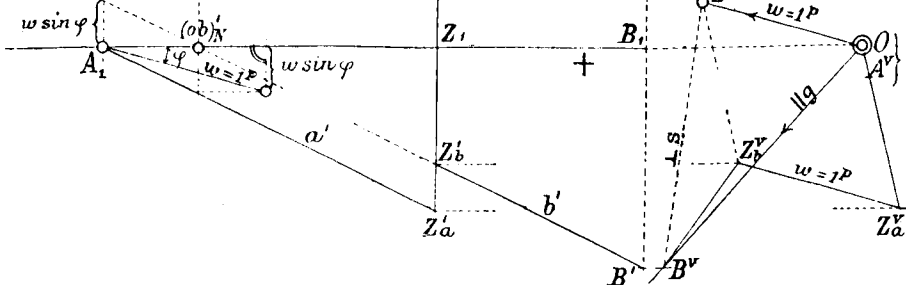


Fig. 19b.



und $\overline{OB^v}|s = \Delta \overline{AB} = \Delta s = -\overline{w}|s$, wobei $w = \overline{OZ} = 1^p$ und demnach $ZB^v \perp s$ ist. Ist B^v so gefunden, so muss Z_a^v auf $l \mid O \perp AZ$ und Z_b^v auf $l \mid B^v \perp BZ$ liegen, und zwar so, dass die Bedingung erfüllt wird: $Z_a^v Z_b^v \parallel w \parallel OZ$ und im Sinne von V_z^b , wodurch beide Punkte bestimmt sind; es ergibt sich also Z_b^v durch $Z Z_b^v \perp AZ$. Durch wagerechtes Herüberprojizieren erhält man die entsprechenden Punkte der Einflusslinie.

3. Figur F^s . Ist ϕ der gezeichnete Winkel zwischen V und s , so folgt aus der Bedingung $\Delta s = w \cos \phi$ im vorliegenden Falle die Lage von B^v auf der Geraden $l \mid B \perp g$ durch: $B^v \perp s = \Delta s = w \cos \phi$, und (da Δs negativ) auf derjenigen Seite von B , für welche die Richtung AB links herum dreht. Die zu Z gehörigen beiden Punkte Z_a^v und Z_b^v , welche auf den Geraden AZ , bzw. $l \mid B^v \parallel BZ$ liegen müssen, ergeben sich durch die Bedingung: $Z_a^v Z_b^v = w$ und $\parallel t$, und zwar im Sinne der um 90° nach rechts gedrehten Richtung $Z_a^v Z_b^v$ oder V_z^b . Es folgt diese Ermittlung durch ganz ähnliche Betrachtungen wie im §. 29 unter 3.

f) Die Einflusslinie der Längskraft N_z bei Z (Normal- oder Axialkraft, in Richtung der Tangente t), positiv als Druck angenommen. Bedingung: Parallelverschiebung des linken Trägertheiles $AZ = a$ gegen den rechten Trägertheil $ZB = b$ in Richtung t im Sinne von N_z (ineinander) um eine Grösse $w = 1^p$, Fig. 19.

1. Polbestimmung. Es ist $(oa) = A$. Pol (ab) liegt jetzt in radialer Richtung ($\perp t$) unendlich fern und werde deshalb mit $(ab)_\infty$ bezeichnet. Dann ergibt sich:

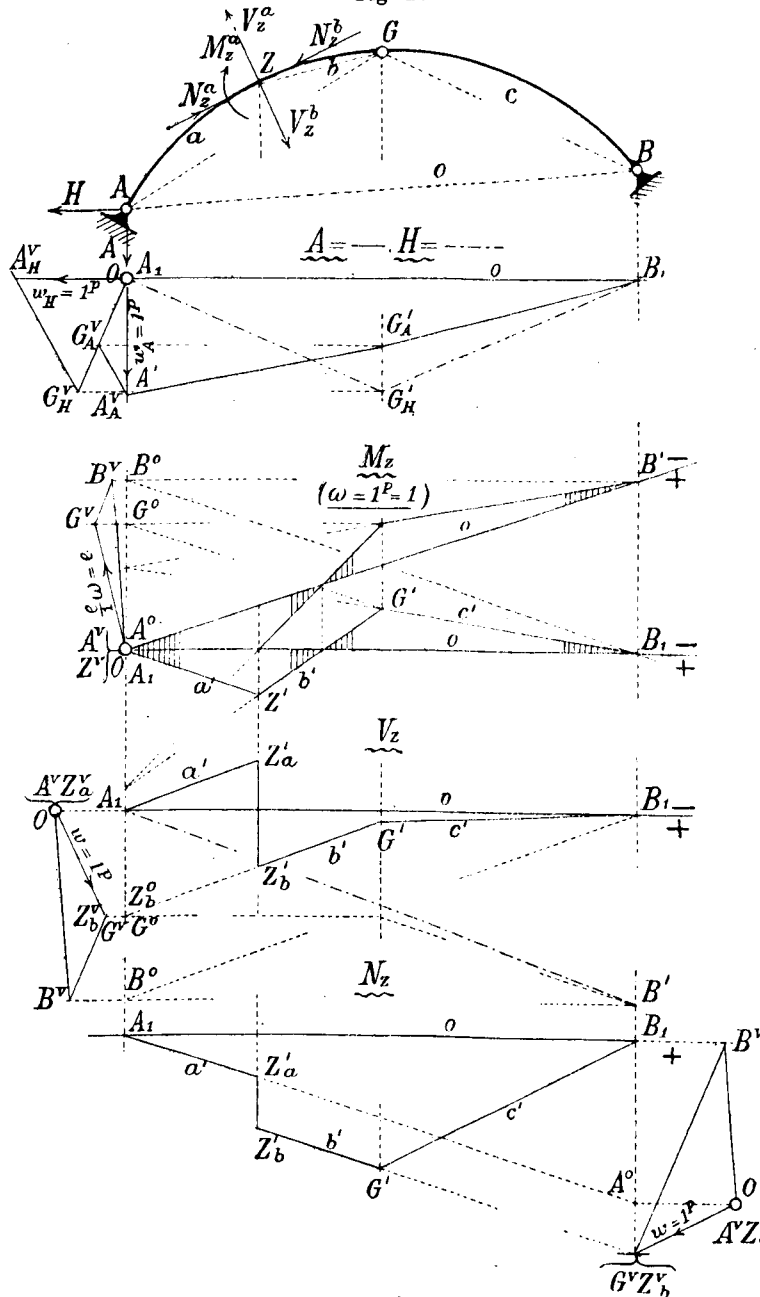
$$(ob)_N = \frac{l \mid B \perp g}{(oa) - (ab)_\infty} = \frac{l \mid B \perp g}{l \mid A \perp t}$$

Die durch die Formänderung w erfolgte gegenseitige lothrechte Verschiebung der Glieder a und b ist gleich $1^p \sin \varphi$, wonach die in Fig. 19 b gezeichnete Einflusslinie ohne Weiteres folgt.

2. Polfigur der Verschiebungen. Bei der bedingten Formänderung w ergibt sich eine Verkürzung

von $\overline{AB} = s$. Die Lage von B^v für den Pol $O = A^v$ folgt demnach in Fig. 19 b aus den beiden Bedingungen: $OB^v \parallel g$ und $\overline{OB^v}|s = \Delta \overline{AB} = \Delta s = -\overline{w}|s$, wobei $w = \overline{OZ} = 1^p$ und demnach $ZB^v \perp s$ ist. Nach Auffindung

Fig. 20.



von B^v muss Z_a^v auf $l \mid O \perp AZ$ und Z_b^v auf $l \mid B^v \perp BZ$ liegen, und zwar so, dass die Bedingung erfüllt wird: $Z_a^v Z_b^v \parallel w \parallel OZ$ und im Sinne von N_z^b , wodurch beide Punkte bestimmt sind. Es ergibt sich also Z_b^v durch $Z Z_b^v \perp AZ$, wodurch die Polfigur ermittelt und auch die Einflusslinie bestimmt ist.

3. Die Ermittlung der Einflusslinie mit Hilfe einer Figur F^s ist ganz entsprechend derjenigen bei der Schubkraft behandelten Figur F^s , da sich nur die Richtung von w ändert, so dass darauf hier nicht weiter eingegangen wird.

Schlussbemerkung.

So wie man nach Ermittlung der Polfigur durch Projizierung der zugehörigen Punkte zu der Biegungs- (Einfluss-) Linie gelangt, kann man durch diesen Zusammenhang auch umgekehrt aus der vorher auf anderem Wege (z. B. durch Polbestimmung oder durch eine andere Polfigur, vergl. §. 31) gefundenen Biegungslinie F^v durch Projizierung der zugehörigen Punkte parallel der Nulllinie zu der endgültigen Polfigur F^v gelangen. Es ist hierbei nur die zu Anfang von §. 29 erwähnte (für zwei beliebige, zu einem starren Gliede gehörige Punkte A, C

geltende) Grundeigenschaft von F^v zu beachten: $A^v C^v \perp AC$. Der Zusammenhang ist aus den Figuren 18 und 19 erkenntlich; vergleiche auch Fig. 26 b, S. 34.

Dass man durch Spezialisierung des behandelten Beispiels auch zu den Einflusslinien des gewöhnlichen geraden Balkens gelangt, wenn man die Krümmung des Trägers gleich Null und die Gleitbahn bei B wagerecht annimmt, braucht kaum hervorgehoben zu werden.

§. 31. Beispiel 3. Für einen Bogenträger mit einem Scheitelgelenk G und zwei in verschiedener Höhe gelegenen Kämpfergelenken A und B sollen die verschiedenen Einflusslinien ermittelt werden, Fig. 20.

Diese Aufgabe lässt sich unmittelbar auf das vorige Beispiel zurückführen (wenn man auf den linken Trägertheil AG sich beziehende statische Wirkungen betrachtet),

da der mittlere Gelenkpunkt G durch den Bogentheil GB gezwungen wird, sich senkrecht zur Richtung BG zu verschieben, welche Bewegungsrichtung der Gleitbahn g im vorigen Beispiele entspricht. Die gleiche Aufgabe wurde von dem Verfasser auch bereits in der „Schweizerischen Bauzeitung“ 1887, Bd. X, S. 158—160, durch Polbestimmung behandelt. Im Nachstehenden sind die Einflusslinien auf anderem Wege, nämlich durch die Polfiguren der Verschiebungen ermittelt, und zwar unter c) — e) (für die Einflusslinien einer inneren statischen Wirkung bei einem Trägerpunkte Z) bei Festhalten des Gliedes $AZ \equiv a$, bedingter kinematischer Formänderung w bei Z und der Bedingung $\Delta \overline{AB} = \Delta s = 0$. Die feste Stützebene kann hiebei durch einen gedachten Stab AB vertreten werden, so dass die letzterem entsprechende Linie der Verschiebungsfigur (F^v) als Nulllinie der behandelten Einflusslinie aufgefasst werden muss.

a) Einflusslinie des lothrechten Auflagerdruckes A . Bedingung: Lothrechte Verschiebung des Auflagers A nach abwärts gleich $w = 1^P$.

Ist in Fig. 20 a: $O \equiv A_1$ der Pol der Polfigur, so mache man $O A_A^v = w = 1^P$. Da B in Ruhe bleibt ist $B^v = O$; dann ergibt sich G_A^v aus $A_A^v G_A^v \perp AG$ und $O G_A^v \perp BG$. Durch wagerechtes Herüberprojizieren der Punkte der Polfigur auf die entsprechenden lothrechten Projektionsstrahlen des Trägers erhält man die Eckpunkte der Einflusslinie für die wagerechte Nulllinie $A_1 B_1$.

b) Einflusslinie des wagerechten Auflagerdruckes H bei A . Bedingung: Wagerechte Verschiebung von A nach auswärts um $w = 1^P$, Fig. 20 a.

Mache $O A_H^v = w = 1^P$, dann ergibt sich $B^v = O$ und G_H^v aus $A_H^v G_H^v \perp AG$ und $O G_H^v \perp BG$, wodurch die Einflusslinie bestimmt ist.

c) Einflusslinie des Biegemomentes M_z um einen Punkt Z der Trägerachse. Bedingung: Gegenseitige Verdrehung der beiden, Z benachbarten Trägertheile AZ und ZG im Sinne von M_z um einen Winkel $w = \omega = 1^P$. Es sei die Entfernung $\overline{ZG} = e$, dann dreht sich bei Festhalten von AZ der Theil ZG um Z um einen Winkel $\omega = 1^P$ links herum. Hienach ergibt sich in Fig. 20 b: $O = A^v = Z^v$; mache $O G^v \perp ZG$ und $= \frac{e}{1} \omega = \frac{e}{1} 1^P$, dann findet man B^v aus $G^v B^v \perp GB$ und $O B^v \perp AB$; (in der Figur ist $1^P = 1$ angenommen, folglich $\overline{OG^v} = e$). Die Gerade $A_1 B^v$ (welche die Verschiebungslinie des, die Stützebene vertretenden, gedachten Stabes $AB = 0$ ist), ist dann Nulllinie der erhaltenen Einflusslinie, wodurch die Einflussfläche bestimmt ist. Will man die Nulllinie in wagerechter Lage haben ($A_1 B_1$), so hat man die Ordinaten der Einflussfläche ohne deren Längen zu ändern, in der Lothrichtung zu verschieben. Die erhaltene Einflussfigur ist deshalb der zuerst gezeichneten affin, und zwar ist der durch A_1 gehende lothrechte Projektionsstrahl $r \mid A_1$ die Affinitätsachse, entsprechende Punkte (z. B. $B^v B_1$) liegen auf lothrechten Strahlen und Parallelen der einen Figur entsprechen auch Parallelen der anderen Figur.

(Vergl. auch §. 19, 3 b, S. 26, sowie Fig. 25 c, S. 32.) Da nun eine, zu einer gegebenen affine Figur durch Affinitätsachse und ein Paar entsprechender Punkte völlig bestimmt ist, und der Wagerechten $B^v B^v$ die Gerade $B^v B_1$ entspricht, erhält man die gesuchte Einflusslinie auch unmittelbar (ohne die erste Einflusslinie zu zeichnen), indem man die wagerechten Projektionen der Punkte der Polfigur auf $r \mid A$ ($A^0 = A_1$, B^0 , G^0) weiter in der Richtung $B^v B_1$ auf die Projektionsstrahlen durch die entsprechenden Trägerpunkte projiziert, wie die Figur angibt.

d) Einflusslinie der Schubkraft V_z für den Punkt Z . Bedingung: Gegenseitige Parallelverschiebung der beiden, Z benachbarten Trägertheile $AZ \equiv a$ und $ZG \equiv b$ im Sinne von V_z um eine Grösse $w = 1^P$.

Glied $AZ \equiv a$ werde festgehalten gedacht, dann ist in Fig. 20 c Pol $O = A^v = Z^v$. Man ziehe $O Z_b^v \parallel w \parallel V_z^b$, dann ergibt sich $G^v = Z_b^v$ und B^v aus: $G^v B^v \perp GB$ und $O B^v \perp AB$. Durch wagerechtes Herüberprojizieren erhält man die Einflussfigur mit der Nulllinie $A_1 B^v$. Soll $A_1 B_1$ zur Nulllinie werden, so entspricht der wagerechten Geraden $B^v B^v$ die Gerade $B^v B_1$ in der gesuchten affinen Figur, so dass man die wagerechten Projektionen $B^v G^v Z_b^v$ nur in der Richtung $B^v B_1$ auf die entsprechenden lothrechten Strahlen zu projizieren hat, um die Punkte der gesuchten affinen Figur zu erhalten.

e) Einflusslinie der Längskraft N_z für den Punkt Z . Bedingung: Gegenseitige Parallelverschiebung der beiden, Z benachbarten Trägertheile $AZ \equiv a$ und $ZG \equiv b$ im Sinne von N_z um eine Grösse $w = 1^P$.

Da sich nur die Verschiebungsrichtung von w ändert, ist die Ermittlung der Einflussfigur ganz entsprechend dem eben behandelten Fall, so dass dieselbe durch Fig. 20 d völlig erklärt wird; da (wegen Raumersparnis) die Wagerechte durch B^v als Nulllinie $A_1 B_1$ gewählt wurde, ist $A^0 A_1$ die Projektionsrichtung der Punkte auf $r \mid B$.

Schlussbemerkungen.

Die behandelten Beispiele zeigen, auf wie verschiedenartige und meistens sehr einfache Weise man lediglich aus dem Sinne des früher entwickelten allgemeinen Satzes I (S. 14 und §. 26) oder der daraus abgeleiteten besonderen Sätze über die Einflusslinien (welche der Verfasser bereits im Jänner 1887 im „Wochenblatt für Baukunde“, S. 25, mittheilte) auf rein kinematischem Wege zur rein zeichnerischen Ermittlung der statischen Wirkungen bei statisch bestimmten Trägern gelangen kann, so dass man diese Behandlungsweise wohl nicht mit Unrecht als eine Erweiterung der graphischen Statik bezeichnen darf, wenigstens desjenigen Theiles, bei welchem es sich um die Ermittlung statischer Wirkungen für eine bestimmte Trägerstelle bei veränderlichen Belastungen handelt. Die Ermittlung der statischen Wirkungen für den allgemeinen Fall von einwirkenden Kräften beliebiger Richtung ist nach Herstellung einer entsprechenden Formänderung w auf die kinematische Ermittlung von Grösse und Richtung der dabei eintretenden wirklichen (oder senkrechten) Verschiebungen der Angriffspunkte zurückgeführt, welche Ermittlung in einfachen Fällen durch unmittelbare Zeichnung der zu-

gehörigen Polfigur F^v geschieht (vergl. §. 30). In weniger einfachen Fällen erhält man die endgiltige Polfigur F^v durch Zuhilfenahme einer auf anderem Wege gefundenen (lothrechten) Biegungslinie F' , da deren Ordinaten gleich den lothrechten Projektionen der Polstrahlen von F^v sind (vergl. die Schlussbemerkung von §. 30), oder man ermittelt einen Verschiebungsplan nach Fig. 20c §. 15 (S. 23), welcher letzteres Verfahren allerdings mehr nur rein wissenschaftlichen Werth besitzt.*) Für den praktisch wichtigsten Fall nur lothrecht wirkender Lasten gelangt man durch Ermittlung der Einflusslinien zum Ziele; werden dieselben durch Polbestimmung gefunden, so kann man, wenn verlangt, mit Hilfe der Pole auch leicht die statischen Wirkungen für beliebig gerichtete Kräfte durch Ordinaten der Einflusslinien abgreifen, wie mehrfach gezeigt worden ist.

Sind die Verschiebungen einzelner Trägerpunkte im Verhältniss zu der angenommenen Formänderung w sehr gross (im Grenzfall sogar unendlich gross, d. h. Verhältniss der gleichzeitigen augenblicklichen Geschwindigkeiten $= \infty$), so folgt daraus nicht nur, dass die in der Nähe dieser Verschiebungsrichtungen wirkenden äusseren Kräfte auch eine sehr grosse, w entsprechende statische Wirkung W erzeugen, sondern andererseits auch, dass eine wirklich eintretende, aber unbeabsichtigte Formänderung w (z. B. bei Fachwerken eine ungenaue Ausführung einer Stablänge, oder eine Verückung eines Auflagers) wesentlich grössere Formänderungen des Trägers an anderen Stellen zur Folge hat, so dass ein derartiger Träger aus beiden, innerlich zusammenhängenden Gründen dann nicht als zweckmässig zu erachten ist.

Schliesslich sei noch erwähnt, dass man aus der gegebenen geometrisch-kinematischen Ermittlung der Einflusslinien der verschiedenen statischen Wirkungen durch den geometrischen Zusammenhang der Figuren auch leicht zu den analytischen Ausdrücken für die statischen Wirkungen (als Funktionen einer gegebenen Last $P=1$, zeichnerisch dargestellt durch $w=1^p$) gelangen kann, worauf bereits in der Einleitung dieser Abhandlung (S. 12) hingewiesen wurde.

Anhang.

Die Formänderungen ebener elastischer Gebilde nebst Anwendung auf die Theorie der statisch unbestimmten Träger.

§ 1. Einleitung.

Die Theorie der statisch unbestimmten Träger, d. h. solcher, zu deren Festlegung mehr Auflagerbedingungen gegeben, als zur geometrischen Bestimmtheit der Lage des Trägers erforderlich sind, gründet sich bekanntlich auf die Ermittlung der Formänderungen der Träger. Daher ist es erwünscht, möglichst eingehende, aber auch möglichst einfache und übersichtliche Untersuchungen über die Formänderungen anzustellen, und nachfolgende Arbeit soll hierzu einen Beitrag liefern. Der leitende Grundgedanke hierbei war, die Formänderungen der ebenen Stabwerke (Fachwerke) und diejenigen der vollwandigen ebenen elasti-

tischen Gebilde möglichst übereinstimmend, von einem Gesichtspunkte aus, darzustellen; hierbei wurde stets von den Stabwerken ausgegangen und die gefundenen Ergebnisse wurden dann unmittelbar auf die vollwandigen Gebilde übertragen.

Bei den Stabwerken setzen wir hier voraus, dass dieselben aus einzelnen aneinandergereihten Dreiecken bestehen, wie dies in Wirklichkeit fast stets der Fall ist. Die Grundlage der Untersuchungen bildet also die Formänderung eines Stabdreiecks.

Ändern sich die Seitenlängen a, b, c desselben um sehr kleine Grössen $\Delta a, \Delta b, \Delta c$, hervorgerufen durch innere Spannungen $\sigma_a, \sigma_b, \sigma_c$ (Einheits-Flächenspannungen), sind die a, b, c gegenüberliegenden Winkel α, β, γ und ist E der für alle Stäbe gleich gedachte Elastizitätsmodul, so berechnet sich die Änderung $\Delta \alpha$ von α nach der Formel:

$$\left. \begin{aligned} E \cdot \Delta \alpha &= (\sigma_a - \sigma_c) \cotg \beta + (\sigma_a - \sigma_b) \cotg \gamma \text{ oder } \\ \Delta \alpha &= (\varepsilon_a - \varepsilon_c) \cotg \beta + (\varepsilon_a - \varepsilon_b) \cotg \gamma \end{aligned} \right\} . \quad (1)$$

wobei z. B. $\varepsilon_a = \frac{\sigma_a}{E}$ = Dehnung auf die Längeneinheit von a bedeutet. Die \cotg -Werthe ermittelt man im Allgemeinen am einfachsten durch Zeichnung.

Stossen an einem Fachwerkknotenpunkt (m) verschiedene Dreiecke aneinander, deren Winkel bei (m) mit $\alpha'_m, \alpha''_m \dots$ bezeichnet werden, so berechnet sich die Änderung des von den Gurtstäben gebildeten inneren Randwinkels $\tau_m = \Sigma \alpha_m$ zu: $\Delta \tau_m = \Sigma \Delta \alpha_m$.

§ 2. Ersetzung des Fachwerkes durch eine Gliederkette.

Die Formänderung irgend einer Gurtung eines gegebenen Fachwerkes ist vollständig bestimmt durch die Längenänderungen der Gurtstäbe und die Änderungen $\Delta \tau$ der von ihnen gebildeten Randwinkeln τ ; daher lässt sich diese Gurtung auch als zu einem gedachten (geometrisch bestimmten) Fachwerk \overline{F} gehörig betrachten, dessen übrige Stäbe vollkommen starr sind, und dessen Form so bestimmt ist, dass die blossen Längenänderungen zweier, einem gegebenen Knotenpunkt m benachbarter Gurtstäbe l_m und l_{m+1} die gegebene Änderung $\Delta \tau_m$ des zugehörigen inneren Randwinkels τ_m mit sich bringen.

Nach Fig. 1 sei (m) der dem Punkt m entsprechende und l_m gegenüberliegende Knotenpunkt von \overline{F} , und die von allen Längenänderungen der gegebenen Stäbe erzeugte Änderung des inneren Randwinkels τ_m gleich $\Delta \tau_m$. Um von den vielen, die gegebene Bedingung erfüllenden, möglichen, gedachten Fachwerken ein möglichst einfach zu ermittelndes zu erhalten, nehme man die Lage der den betrachteten Gurtstäben des gegebenen Fachwerkes gegenüberliegenden Gelenkpunkte des gedachten Gurtes derart an, dass der gedachte Zwischenstab $m(m)$ die Bedingungen erfüllt:

$$m(m) \perp l_m \text{ und } \overline{m(m)} = e_m = 1 \cdot \frac{\Delta l_m}{\Delta \tau_m}$$

und mit l_m einen Winkel von $\left\{ \begin{smallmatrix} 270^\circ \\ 90^\circ \end{smallmatrix} \right\}$ bildet (in demselben Sinne wie τ_m gemessen), wenn die berechnete Länge $\overline{m(m)} = e \left\{ \begin{smallmatrix} \text{positiv} \\ \text{negativ} \end{smallmatrix} \right\}$ wird.

*) Man vergl. auch das Verfahren Mohr's über Zusammensetzung der Geschwindigkeiten (oder Verschiebungen) im „Civil-Ingenieur“, 1887 Heft 8, §§. 7 und 8.

Dass bei dem so bestimmten, gedachten Fachwerk durch die blossen Längenänderungen Δl_m und Δl_{m+1} die Winkeländerung $\Delta \tau_m$ bei m entsteht, ist leicht einzusehen; denn da $e_m \perp l_m$ und $e_{m+1} \perp l_{m+1}$, bleiben infolge von Δl_m und Δl_{m+1} die in der Figur gezeichneten Dreieckswinkel α_{m-1} und α_m ungeändert. Denkt man deshalb das in der Figur gestrichelte, starre Glied $m-1$ festgehalten, so bleibt auch die Richtung l_m ungeändert und Glied m dreht sich mit der Richtung l_{m+1} um Punkt (m) um den Winkel $\frac{\Delta l_m}{e_m} = \Delta \tau_m$, wie es sein soll. (Würde man mit τ_m den

nach der anderen Seite gelegenen Randwinkel bezeichnen ($360^\circ - \tau_m$), so ändern sich die Vorzeichen von $\Delta \tau_m$ und e_m ; die Lage von (m) bleibt jedoch nach der oben gegebenen Regel ungeändert.) Die Formänderung des betrachteten Gurtcs des gegebenen elastischen Stabwerkes ist also gleich der Formänderung bei dem gedachten, aus gelenkartig verbundenen starren Gliedern bestehenden Fachwerke \bar{F} , welches man auch als eine Gliederkette mit elastischen Verbindungsstäben auffassen kann. Sucht man daher die

Verschiebungsfigur von \bar{F} in einer gewissen Richtung r (d. h. die Gesamtheit aller Verschiebungslinien von \bar{F} in dieser Richtung), so ist dieselbe gleich einer Seillinie für Kräfte $\Delta \tau$, welche in den zugehörigen Drehpunkten in der Richtung r wirken (vergl. S. 29, Nr. 8 und Fig. 23b meines früheren Aufsatzes). Hiernach gilt folgende einfache Beziehung:

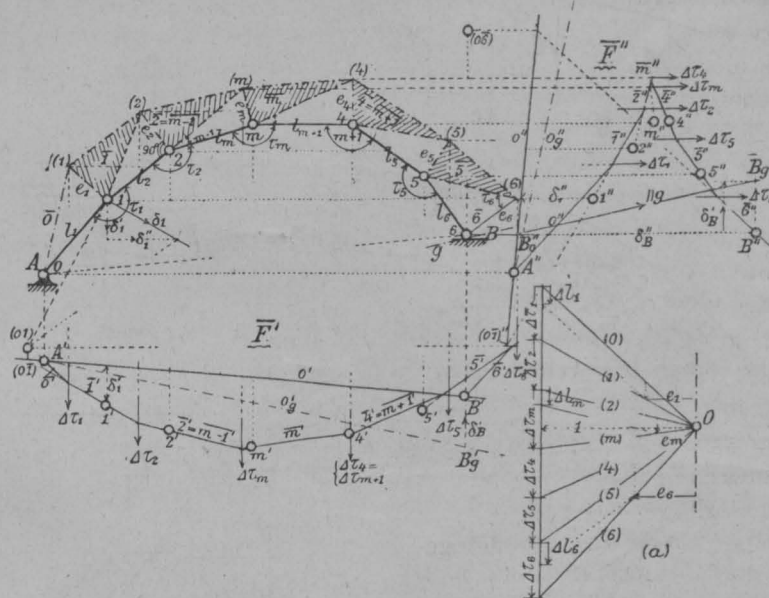
Denkt man sich in den Knotenpunkten $(m-1)$, (m) , $(m+1) \dots$ von \bar{F} die Drehwinkel $\Delta \tau_{m-1}$, $\Delta \tau_m$, $\Delta \tau_{m+1} \dots$ (oder gleiche Vielfache $a \cdot \Delta \tau$) als Punktmassen (Kräfte) einmal in lothrechter Richtung (r'), das anderemal in wagrechter Richtung (r'') wirkend allgemein in beliebiger Richtung (r), so geben die zugehörigen Seillinien (mit der Polweite = 1, beziehungsweise a. 1) die Verschiebungsfiguren \bar{F} und \bar{F}'' in der betreffenden Richtung, und die Projectionen der gegebenen, zu den einzelnen starren Gliedern gehörigen Knotenpunkte $m-1, m \dots$ auf die entsprechenden Verschiebungslinien geben in ihrer Zusammenfassung die Biegungslinien der betrachteten Gurtung in der betreffenden Richtung; vergl. Fig. 1.

Die Werthe e können nach dem Verhältnis: $\frac{e_m}{1} = \frac{\Delta l_m}{\Delta \tau_m}$

leicht aus dem Kraftpolygon als Längen gefunden werden, wie Fig. 1a) zeigt. Für den letzten Knotenpunkt (6) von \bar{F} kann einer der beiden Werthe e_6 , $\Delta \tau_6$ beliebig gewählt werden, wobei der andere aus der Bedingung $\Delta l_6 = e_6 \Delta \tau_6$ folgt (vergl. die Figur).

Da Grösse und Reihenfolge der Kräfte $\Delta \tau$ für die beiden Verschiebungsfiguren \bar{F}' und \bar{F}'' ungeändert bleiben, sind auch die zugehörigen Kräftepläne einander gleich und nur um den Richtungsunterschied von r' und r'' gegeneinander gedreht; da ferner der aus jeder der beiden Verschiebungsfiguren \bar{F}' und \bar{F}'' zu findende Verdrehungswinkel eines starren Gliedes, z. B. \bar{m} , gegen die festgedachte Stütz- oder Zeichnungsebene durch den, in der früher gegebenen Weise zu messenden Schnittwinkel von \bar{m}' gegen die zu \bar{F}' gehörige Nulllinie o' , und von \bar{m}'' gegen die zu \bar{F}'' gehörige Nulllinie o'' bestimmt ist (vergl. S. 26, Nr. 5), so folgt die allgemeine Beziehung:

Fig. 1.



Der von beiden Nulllinien o' und o'' , oder der von je zwei entsprechenden Seiten der beiden Verschiebungsfiguren (Seillinien) gebildete Winkel ist gleich dem von den beiden Richtungen r' und r'' gebildeten Winkel.

Ist also im Besonderen r' die loth- und r'' die wagrechte Richtung, so stehen entsprechende Seiten der beiden zugehörigen Seillinien \bar{F}' und \bar{F}'' , sowie die zugehörigen Nulllinien o' und o'' aufeinander senkrecht. In Fig. 1 ist bei A ein festes, bei B ein gleitendes Gelenklager; daher ist $o' = A' - B'$ (da die lothrechten Verschiebungen δ'_A und $\delta'_B = 0$), und $o'' = l \mid A'' \perp o'$. Ist B''_0 die wagrechte Projektion von B auf o'' , so ist die wagrechte Verschiebung von B nach Grösse und Sinn gleich $\delta''_B = B''_0 B''$.

Aus \bar{F}' und \bar{F}'' lassen sich leicht die Pole der einzelnen Glieder von \bar{F} bestimmen; so ergibt sich der Pol $(o \bar{m})$ aus:

$$(o \bar{m}) = \frac{r' \mid (o \bar{m}')}{r'' \mid (o \bar{m}'')} \quad (\text{vergl. S. 386}).$$

In Fig. 1 sind auf diese Weise die Pole $(o \bar{1})$ und $(o \bar{6})$ bestimmt; die wirkliche Verschiebung δ_1 von 1, als Resultante der beiden Seitenverschiebungen δ'_1, δ''_1 , muss senkrecht zu dem zugehörigen Polstrahl $(o \bar{1}) - 1$ gerichtet sein.

Wäre die Gleitbahn bei B nicht wagrecht, sondern geneigt, z. B. g , so ziehe man eine Parallele g durch B''_0 , ferner $B''_0 B_g \perp AB$ (Drehung um A), so ist die lothrechte Projektion δ'_B von $B''_0 B_g$ gleich der lothrechten Verschiebung δ'_B von B (aufwärts). Macht man deshalb in $F' : B' B'_g = \delta'_B$ (abwärts), so ist $A' - B'_g =$ Nulllinie o'_g und $o''_g = l \mid A'' \perp o'_g$.

Es braucht kaum bemerkt zu werden, dass man nicht nöthig hat, bei der zeichnerischen Ausführung das gedachte Fachwerk \bar{F} wirklich zu zeichnen, sondern dass es vollständig genügt, nur die Knotenpunkte desselben festzulegen. Ist das gegebene Fachwerk, sowie die Belastung

zur Trägermitte symmetrisch, so lässt sich auch das gedachte Fachwerk \bar{F} symmetrisch anordnen, wenn man von beiden Trägerenden ausgeht und für die Trägermitte die Bedingung erfüllt, das jedem Knotenpunkt der betrachteten Gurtung auch ein starres Glied von \bar{F} entspricht.

Massstab. Sind an Stelle von $\Delta \tau$ die α -fachen Werthe derselben aufgetragen, ist die Polweite anstatt 1 gleich h und der Zeichnungs-massstab $\frac{1}{n}$ der Wirklichkeit, so findet man auf die angegebene Weise die α -fachen Werthe der Verschiebungen δ' , δ'' , wobei $z = \frac{a}{n \cdot h}$.

§ 3. Die Biegelinien vollwandiger Träger.

Ein ganz entsprechendes Verfahren wie das eben angeführte, lässt sich auch für vollwandige gekrümmte Träger benutzen, was hier kurz gezeigt werden möge.

Je zwei benachbarte Querschnitte von der Entfernung ds drehen sich bei der Formänderung um den Mittelpunkt des zwischenliegenden (gerade gedachten) Theilchens der Spannungsnulllinie \bar{S} (d. h. der Verbindungslinie der Spannungsnullpunkte aufeinanderfolgender Querschnitte). In diesem Mittelpunkt als Drehpunkt kann demnach die Grösse des verschwindend kleinen Verdrehungswinkels $\frac{M ds}{E J}$ als Punktmasse

wirkend gedacht werden. Für ein endliches Bogenstück von der Länge s_m (in der Bogenachse) mit gleichgedachtem Trägheitsmomente J_m , Fig. 2, ist der Schwerpunkt (m) des zugehörigen Theiles von \bar{S} der gegenseitige Drehpunkt oder (Pol) der beiden Endquerschnitte, in welchem also der Drehwinkel wirkt:

$$\Delta \tau_m = \sum \frac{s_m M ds}{E J_m} = \frac{1}{E} \sum M \left(\frac{1}{J_m} \right) \frac{dx}{\cos \varphi_m} \dots \dots \dots 2)$$

wobei φ_m die mittlere Neigung von s_m (Neigung der Sehne) gegen die Abscissenachse x , und 1 die Einheit des Trägheitsmomentes bedeutet. Bezeichnet man

$$\frac{M}{\cos \varphi_m} \cdot \frac{1}{J_m} = M'$$

und trägt die Werthe M' über oder unter den zugehörigen Punkten als Ordinaten einer Geraden auf, so ist:

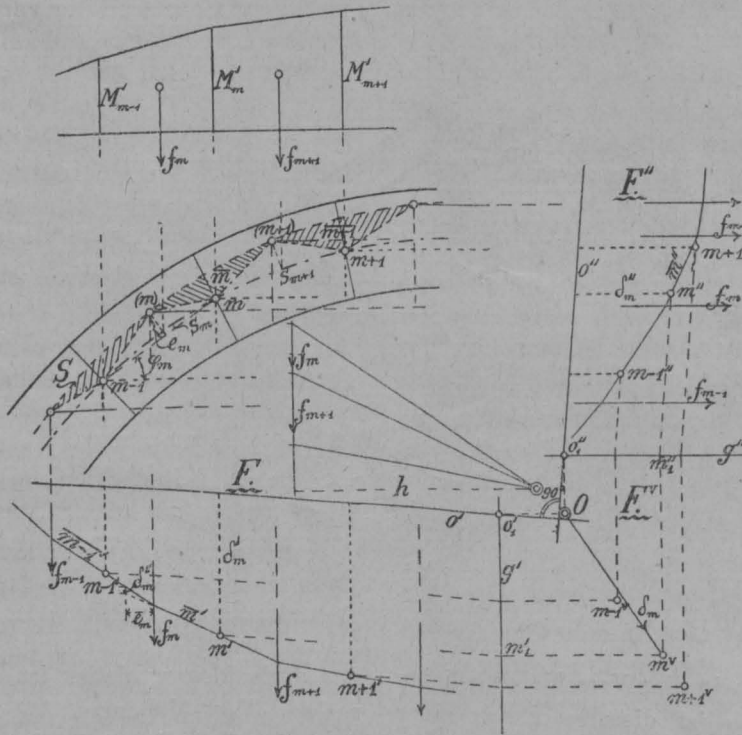
$$\Delta \tau_m = \frac{1}{E} \sum M' dx = \frac{1}{E} f_m \dots \dots \dots 2a)$$

wobei also f_m der zu s_m gehörige Theil der Belastungsfläche $\sum M' dx$ ist, welcher sich in verschiedener Weise ermitteln lässt, was jedoch nur nebensächlicher Natur ist.*) Den Schwerpunkt (m) des zu s_m gehörigen Theiles der Spannungsnulllinie \bar{S}_m erhält man, indem man den entsprechenden Schwerpunkt des Bogentheiles s_m (lothrecht unter dem Schwerpunkt des zugehörigen Theiles f_m der Belastungsfläche) auf die Spannungsnulllinie in radialer Richtung projiziert ($1 s_m$).

*) So kann man, falls J für den ganzen Träger, gleich ist, bei den verschiedenen Abscissen anstatt M die zeichnerisch leicht zu findenden Werthe $M' = \frac{M}{\cos \varphi}$ auftragen und die Theile der Belastungsfläche messen; oder man lässt M ungeändert und benutzt sofort die Beziehung: $\Delta \tau_m = \frac{1}{E J} \sum s_m M ds$, d. h. man multipliziert die mittlere Ordinate des zu s_m gehörigen Belastungstrapezes nicht mit der Projektion $a_m = s_m \cos \varphi_m$, sondern mit s_m selbst.

Betrachtet man jetzt drei aufeinanderfolgende Querschnitte F_{m-1} , F_m und F_{m+1} , mit den zwischenliegenden Bogenstücken s_m , s_{m+1} , so dreht sich F_{m-1} gegen F_m bei der Formänderung um den Schwerpunkt (m) und F_{m+1} gegen F_m um $(m+1)$, so dass man diese beiden Drehpunkte mit F_m zu einem starren Gliede \bar{m} verbunden denken kann. Zeichnet man demnach zu dem Kraftpolygon der $f = E \cdot \Delta \tau$ zwei Seillinien \bar{S} , \bar{S}' für verschiedene Krafrichtung der in den Schwerpunkten der Spannungsnulllinie (m) , $(m+1) \dots$ wirkenden f , z. B. der loth- und wagrechten Richtung, so liegen die dem Achsenpunkt m entsprechenden Punkte m' und m'' der gesuchten Biegelinien auf den, dem Gliede \bar{m} entsprechenden Seiten \bar{m}' und \bar{m}'' der beiden Seillinien (Verschiebungsfiguren) und die zugehörigen Nulllinien o' , o'' stehen wieder aufeinander senkrecht, genau wie bei der vorigen Betrachtung bei den Stabwerken.

Fig. 2.



Die bei der Formänderung entstehenden Längen-Änderungen Δs der Bogenachse sind hiernach durch die Lage der Drehpunkte (m) bereits berücksichtigt. Will man diese Längenänderungen vernachlässigen, so tritt an Stelle der Spannungsnulllinie die Schwerpunktschneise des Bogens.*) Man erkennt nach diesem Verfahren sofort, ob es sich lohnt die Δs zu berücksichtigen oder nicht, je nachdem die Lage einzelner leicht zu ermittelnder Schwerpunkte (m) der Theile der Spannungsnulllinie mehr oder weniger von der Bogenachse abweicht. Andererseits lassen sich die Grössen Δs auch leicht aus der genauen Biegelinie ermitteln. Bezeichnet man das Loth von (m) auf die Sehne s_m mit e_m , so folgt aus der Bedeutung des Drehwinkels $\Delta \tau_m$ bei (m) die Beziehung:

$$\Delta s_m = e_m \cdot \Delta \tau_m = e_m \cdot \frac{f_m}{E}$$

Ist die lothrechte Ordinate zwischen den Seillinien $\bar{m}-1'$ und m' in der wagrechten Entfernung e_m von der Krafrichtung f_m gleich δ_m^s , so folgt für die allgemeine Polweite h :

$$\delta_m^s : e_m = f_m : h, \text{ also } \delta_m^s = \frac{e_m f_m}{h} = \frac{E}{h} \cdot \Delta s_m;$$

für $h = E$ ist also $\delta_m^s = \Delta s_m$.

Polfigur der Verschiebungen. Aus beiden Biegelinien ergibt sich leicht die Polfigur F^v . Zieht man durch je zwei zusammengehörige Punkte m' , $m'' \dots$ Parallele zu den gefundenen Nulllinien o' , o'' bis zum Schnitt m'_1 , m''_1 mit einer lothrechten Geraden g' , beziehungsweise einer wagrechten Geraden g'' , dann ist der zugehörige Punkt m^v von F^v bestimmt durch:

$$m^v = \frac{r' \mid m'_1}{r'' \mid m''_1},$$

und der zugehörige Pol von F^v ist der den Nulllinien entsprechende Punkt

$$o = \frac{r' \mid o'_1}{r'' \mid o''_1}.$$

Die gleiche Beziehung gibt natürlich auch für Stabwerke; sie wurde in §. 2 nur deshalb nicht erwähnt, um Fig. 1 nicht mehr mit Linien zu überladen.

*) Man vergleiche auch meinen früheren Aufsatz: „Durchbiegung eines vollen Trägers im „Centralblatt der Bauverwaltung“ 1896, S. 249, in welchem der Gedanke des vorstehenden Verfahrens bereits enthalten ist.

Ferner: Mohr, Beitrag zur Theorie der elastischen Bogenträger. „Zeitschr. d. Arch. u. Ing.-Ver.“ zu Hannover 1870. — W. Ritter (Zürich), Der elastische Bogen, 1886.

Masstab der Verschiebungen. Ist der Zeichnungsmasstab für den Träger $\frac{1}{n}$, die Polweite des Kraftpolygons der $f = E \cdot \Delta \tau$ gleich h gewählt, dividirt man alle M' durch die Krafteinheit (so dass ihre Werthe Längen darstellen) und misst sämtliche Längen durch die zu Grunde gelegte Längeneinheit (z. B. $dc m$), so erhält man nach dem gegebenen Verfahren die x -fachen Werthe der Verschiebungen, wobei

$$x = \frac{E}{n \cdot h}.$$

Ganz dieselbe Beziehung gilt für Stabwerke (§. 2), wenn man an Stelle der $\Delta \tau$ die Werthe $E \cdot \Delta \tau$ nach der Formel in §. 1 berechnet, was zweckmässig ist.

Ist das Trägheitsmoment J für den ganzen Träger gleich, so ist

$$\Delta \tau_m = \frac{1}{EJ} \cdot \sum M ds = \frac{1}{EJ} \cdot f_m$$

und man erhält beim Auftragen von $f_m = (EJ) \Delta \tau_m = \sum M ds$ für den Masstab der Verschiebungen die Verhältnisszahl:

$$x = \frac{EJ}{n \cdot h}.$$

Eigenschaften der Biegelinien, der Polfigur und des Polzuges.

Denkt man den gekrümmten Träger in unendlich viele Bogen-theilchen ds getheilt, so bilden die Biegelinien F^v , F'' , die zugehörige Polfigur F^v , sowie die Zusammenfassung der Pole aufeinanderfolgender Trägertheilchen, kurz „Polzug \mathfrak{P} “ genannt, keine gebrochenen, sondern krumme Linienzüge, welche, wie angegeben, durch einzelne Punkte bestimmt werden und nachstehende, leicht nachweisbare Eigenschaften besitzen.

1. Die Tangente an einen Punkt von F^v steht senkrecht auf der Tangente des zugehörigen Punktes der Bogenachse (denn zwischen zwei benachbarten Trägerpunkten lässt sich das Trägertheilchen annähernd als starr betrachten).

2. Der Polstrahl für einen bestimmten Trägerpunkt ist Tangente an P und steht senkrecht auf dem zugehörigen Polstrahl von F^v .

3. Einem relativen Maximum δ' der Ordinaten von F' entspricht auch ein relatives Maximum δ'' von F'' ; das zugehörige Trägertheilchen erhält bei der ganzen Formänderung (in Beziehung auf die feste Stütz- oder Zeichenebene) keine Verdrehung, sondern nur eine Parallelverschiebung

(weil die zugehörigen Tangenten an F' und F'' parallel den Nulllinien o' und o'' sind); der zugehörige Punkt von \mathfrak{P} liegt deshalb im Unendlichen und der zugehörige Polstrahl ist Asymptote für \mathfrak{P} mit einer Richtung senkrecht auf dem zugehörigen Polstrahl von F^v . Einem solchen Trägerpunkte entspricht ein Rückkehrpunkt von F^v , da die unmittelbar benachbarten Trägerpunkte gleiche Grösse und Richtung der Verschiebung besitzen.

4. Einem Wendepunkte von F' entspricht auch ein solcher von F'' und ein Rückkehrpunkt von \mathfrak{P} (für den zugehörigen Trägerpunkt ist das Biegemoment gleich Null, also auch die gegenseitige Verdrehung zweier zugehörigen, benachbarten Querschnitte).

5. Einem Schnittpunkt einer Biegelinie F^r (in der Richtung r) mit der zugehörigen Nulllinie or ($\delta r = 0$) entspricht eine Verschiebung des zugehörigen Trägerpunktes $\perp r$ und eine Tangente an $\mathfrak{P} \parallel r$.

6. Einem Punkte der Bogenachse mit einer Tangentenrichtung r (z. B. wagerecht) entspricht ein Rückkehrpunkt der zugehörigen Biegelinie F^r und ein Punkt von F^v mit einer Tangente $\perp r$ (senkrecht).

7. Der Polzug \mathfrak{P} geht durch ein etwa vorhandenes eingespanntes Trägerende oder ein festes Gelenklager und hat dort mit der Bogenachse dieselbe Tangente; bei einem gleitenden Gelenklager ist die Senkrechte zur Gleitbahn Tangente an \mathfrak{P} .

§ 4. Polfigur der Verschiebungen, ermittelt aus den Längen- und Winkeländerungen eines Stabzuges.

Ein sehr übersichtliches Verfahren zur Ermittlung der Polfigur der Verschiebungen aus den angegebenen Formänderungen ergibt sich aus nachfolgender Betrachtung.*)

Die in Fig. 3 a gezeichnete zusammenhängende Stabgruppe sei durch den Knotenpunkt o und den Winkel τ_o des anstossenden Stabes $l_1 = o1$ gegen eine feste Richtung r_o festgelegt, und es seien gegeben die Längenänderungen $\Delta l_1, \Delta l_2, \Delta l_3 \dots$ und die Winkeländerungen $\Delta \tau_o, \Delta \tau_1, \Delta \tau_2 \dots$; gesucht seien die Verschiebungen $\delta_{10}, \delta_{20}, \delta_{30} \dots$ der Knotenpunkte 1, 2, 3 ... gegen den festen Knotenpunkt o .

Bezeichnet man die Verdrehung eines Stabes l_m gegen r_o mit ω_{m0} (rechtsdrehend = positiv), so gilt die Beziehung:

$\omega_{m0} = \Delta \tau_o + \Delta \tau_1 + \Delta \tau_2 + \dots + \Delta \tau_{m-1} = \sum_{i=0}^{m-1} \Delta \tau_i$. (3)

in Worten: Die Verdrehung eines Stabes l_m gegen die Richtung r_o ist gleich der algebraischen Summe aller zugehörigen relativen Verdrehungen der zwischenliegenden Stäbe.

Die gestellte Aufgabe ist daher auf folgende allgemeine zurückgeführt, Fig. 3 b:

Gegeben die Verschiebung $\overline{m m'} = \delta_{m0}$ eines Knotenpunktes m gegen den, in der angegebenen Weise festgelegten Knotenpunkt o ; gesucht die Verschiebung $\overline{n n'} = \delta_{n0}$ des nächsten Knotenpunktes n gegen o . Man verschiebe den zwischenliegenden Stab l_n in der ursprünglichen Richtung zunächst parallel mit sich selbst nach m^v (n^v), ertheile ihm darauf die Verlängerung Δl_n und die Verdrehung ω_{n0} , durch welche letztere eine Verschiebung $l_n \omega_{n0} \perp l_n$ entsteht, dann ist der Endpunkt n^v dieser Verschiebungen der gesuchte Punkt und nennt man die Verschiebung $\overline{(n^v) n^v} = \delta_{nm}$, so ergibt sich:

$$\overline{n n'} = \delta_{n0} = \delta_{nm} + \delta_{m0}, \quad (4)$$

wobei $\delta_{nm} = \Delta l_n + l_n \omega_{n0}$ kurz die zu l_n gehörige „relative Verschiebung“ (von m gegen n) genannt werden möge, und diese Additionen nicht im arithmetischen, sondern nach der Figur im geometrischen Sinne aufzufassen sind; in Worten:

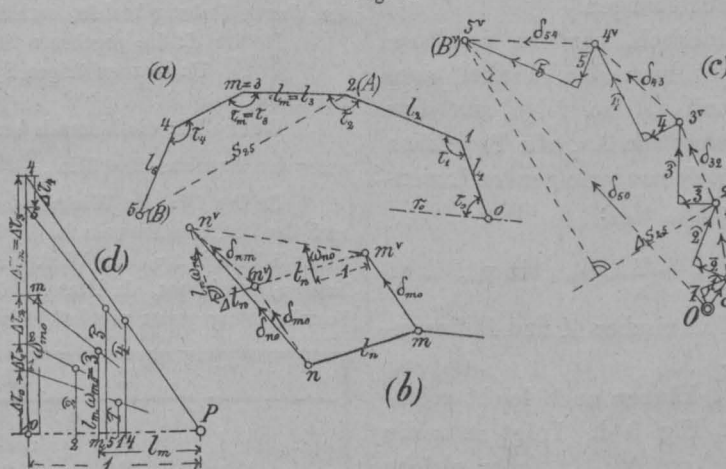
δ_{nm} ist die Schlussverschiebung (Resultante) der nach Grösse, Richtung und

Sinn als Strecken aneinander getragenen beiden Verschiebungen Δl_n und $l_n \omega_{n0}$, und δ_{n0} ist die entsprechende Schlussverschiebung von δ_{nm} und δ_{m0} .

Nach diesen Beziehungen lässt sich die Verschiebung jedes Knotenpunktes aus der bereits gefundenen Verschie-

*) Dieses Verfahren wurde in ähnlicher Form in dem letzten erschienenen Hefte (7) der Zeitschrift d. Arch. u. Ing.-Ver. zu Hannover auch von Herrn Prof. Müller-Breslau angegeben; vorliegende Behandlung lag zu dieser Zeit mit den zugehörigen Figuren bereits druckfertig vor und hat der Verfasser dieselbe beiläufig im Juli d. J. gelegentlich Herrn Prof. Mohr in Dresden mitgetheilt.

Fig. 3.



bung des vorherigen Knotenpunktes ermitteln, so dass z. B. für Fig. 3 a nachfolgende Beziehungen gelten:

$$\begin{aligned} \delta_{10} &= \dots = \Delta l_1 + l_1 \omega_{10}, \text{ kurz bezeichnet mit } \overline{1+1} \\ \delta_{20} &= \delta_{21} + \delta_{10}, \text{ wobei } \delta_{21} = \Delta l_2 + l_2 \omega_{20}, \text{ " " " } \overline{2+2} \\ \delta_{30} &= \delta_{32} + \delta_{20}, \text{ " } \delta_{32} = \Delta l_3 + l_3 \omega_{30}, \text{ " " " } \overline{3+3} \\ \delta_{40} &= \delta_{43} + \delta_{30}, \text{ " } \delta_{43} = \Delta l_4 + l_4 \omega_{40}, \text{ " " " } \overline{4+4} \\ \delta_{50} &= \delta_{54} + \delta_{40}, \text{ " } \delta_{54} = \Delta l_5 + l_5 \omega_{50}, \text{ " " " } \overline{5+5} \end{aligned}$$

Diese geometrischen Additionen sind in Fig. 3 c) ausgeführt, wodurch die Polfigur der Verschiebungen in Bezug auf die festgedachte Richtung r_o entsteht.*)

In dem letzten Ausdruck für die Verschiebung δ_{50} erhält man durch Einsetzen von δ_{40} u. s. w. folgenden Werth:

$$\delta_{50} = \delta_{54} + \delta_{43} + \delta_{32} + \delta_{21} + \delta_{10},$$

dessen rechte Seite sich beliebig zusammenfassen lässt, z. B. $\delta_{50} = \delta_{52} + \delta_{20}$, wobei nach Fig. 3 c: $\delta_{52} = 2^v 5^v$ und $\delta_{20} = 0 2^v$; allgemein entsteht:

$$\delta_{m0} = \sum_{i=1}^m \delta_{i, i-1}, \dots \dots \dots (5)$$

in Worten: Die Verschiebung eines Punktes m gegen die durch o gehende festgedachte Richtung r_o ist gleich der geometrischen Summe aller relativen Verschiebungen der zwischenliegenden Punkte.

(Man vergleiche hiermit den ganz entsprechenden Satz für die Verdrehung eines Stabes l_m , nebst Formel 4.)

Die Verlängerung Δs einer beliebigen Sehne $s = AB$ ergibt sich als Projektion der Verbindungslinie der entsprechenden Punkte der Polfigur auf die Richtung der Sehne (vergl. den eingerückten Satz auf S. 25), kurz ausgedrückt durch:

$$\Delta s = \Delta \overline{AB} = \overline{A^v B^v} l^s \dots \dots \dots$$

(In Fig. 3 c ist z. B. $\Delta s_{25} = 2^v 5^v l^s = \delta_{50} - \delta_{20} l^s$ gemessen im Massstab der Verschiebungen.)

Will man Δs nicht zeichnerisch, sondern rechnerisch ermitteln, und bezeichnet man den Winkel eines Stabes l_m gegen die Sehne s mit φ_m , so folgt aus dem Zusammenhange der Polfigur sofort für Δs , als Projektion des zwischen $A^v B^v$ befindlichen aufeinanderfolgenden Linienzuges, gebildet aus den Δl_m und $l_m \omega_{m0}$:

$$\Delta s = \Delta \overline{AB} = \sum_A^B \Delta l_m \cos \varphi_m + \sum_A^B l_m \omega_{m0} \sin \varphi_m, \dots (6)$$

wobei sich die Summen über alle zwischen A und B liegenden Stäbe zu erstrecken haben.

Die Verschiebungen $l_m \omega_{m0}$ können auch leicht zeichnerisch ermittelt werden, vergl. Fig. 3 d. Trägt man die berechneten Winkeländerungen $\Delta \tau_o, \Delta \tau_1 \dots$ (oder gleiche Vielfache $a \cdot \Delta \tau$) von einem Punkte o einer Geraden aus aneinander, gleich $o 1, 1 2, \dots$, dann ist die Strecke $o m = \omega_{m0}$ (oder $a \cdot \omega_{m0}$) und das zugehörige Kraftpolygon mit der Polweite 1 (oder $a \cdot 1$) liefert zwischen den beiden Strahlen Po und Pm in der Entfernung l_m von P als Ordinate die Grösse $l_m \omega_{m0}$. In der Figur wurde $\Delta \tau_4$ negativ angenommen.

*) Setzt man alle $\Delta l = 0$, so lässt sich hiernach auch die Polfigur eines aus starren Stäben gebildeten Stabzuges als ein Polygonzug bestimmen, wenn die gegenseitigen Drehwinkel der einzelnen Glieder gegeben sind.

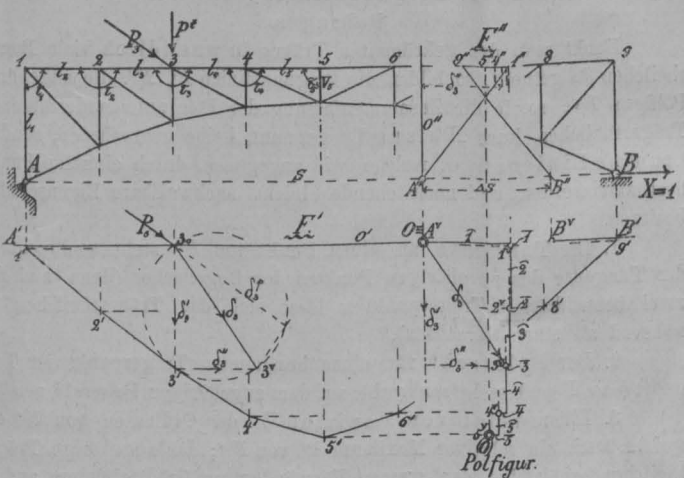
Massstab. Sind an Stelle von $\Delta \tau$ die a -fachen Werthe derselben aufgetragen, ist die Polweite anstatt 1 gleich h , und der Zeichnungsmaassstab $\frac{1}{n}$ der Wirklichkeit, so findet man auf die angegebene Weise die x -fachen Werthe von $l_m \omega_{m0}$, wobei

$$x = \frac{a}{n \cdot h}.$$

Will man diese gefundenen Strecken ($l_m \omega_{m0}$) sofort zur Bildung der Polfigur der Verschiebungen benutzen, so hat man auch als zugehörige Längenänderungen die Werthe $x \cdot \Delta l$ einzuführen, wodurch man im Ganzen die x -fachen Verschiebungen erhält.

Aufgabe 1. Für das in Fig. 4 dargestellte symmetrische Bogenfachwerk mit festem Gelenklager A und wagrecht gleitendem Auflager B soll für symmetrische Belastung die loth- und wagrechte Biegelinie des Obergurtes aus der Polfigur der Verschiebungen ermittelt werden.

Fig. 4.



Nachfolgende Tabelle, welche sich auf den von A nach B gehenden oberen Stabzug bezieht, enthält in

- Reihe I: die gegebenen Stablängen in Decimeter,
- „ II: die zugehörigen Spannungen σ in Tonnen pro Quadrat-Decimeter,
- Reihe III: die hiernach berechneten Längenänderungen $\Delta l = l \cdot \sigma$ unter der Annahme $E = 1$ in $\frac{1}{1000}$.

Reihe IV: die Winkeländerungen $\Delta \tau$ der inneren Randwinkel τ nach den früheren Formeln in § 1 berechnet; für den mittelsten Knotenpunkt 5 ist mit $\Delta \tau_5$ der Winkel zwischen l_5 und der mittelsten Vertikalen v_5 bezeichnet, da letztere, der Symmetrie wegen, auch nach der Formänderung genau vertikal bleibt.

	I	II	III	IV	V	VI
Zeiger	l (dcm)	σ (t)	$\frac{1}{1000} \Delta l$ (dcm)	$\Delta \tau$	$\omega_m = \frac{\sum \Delta \tau}{5}$	$\frac{1}{1000} l \omega$ (dcm)
1	30.0	— 10.6	— 0.32	— 16	397	11.91 (= 1)
2	20.0	— 12.5	— 0.25	+ 28	413	8.26 (= 2)
3	20.0	— 31.0	— 0.62	+ 76	385	7.70 (= 3)
4	20.0	— 50.2	— 1.00	+ 160	309	6.18 (= 4)
5	20.0	— 64.9	— 1.30	+ 149	149	2.98 (= 5)
				+ 397		
		$\sum \frac{\Delta l}{1000} =$	— 3.17	$= \sum \Delta \tau$		

Reihe V gibt die Verdrehungen der einzelnen Obergurtstäbe gegen die festgedachte Stabrichtung v_5 , also von der Anfangslage aus, rechts herum positiv: $\omega_5 = \Delta \tau_5$; $\omega_4 = \omega_5 + \Delta \tau_4, \dots$

Reihe VI gibt die durch die Verdrehungen entstehenden relativen Verschiebungen $l\omega$ senkrecht zu den einzelnen Stabrichtungen, im Massstab $\frac{1}{1000}$; $\delta_1 = l_1 \omega_1$; $\delta_2 = l_2 \omega_2$; ...

Aus den Δl und δ ist die zum festgehaltenen Stabe v_5 gehörige Polfigur der Verschiebungen gezeichnet, in welcher die Längenänderungen Δl_5 , Δl_4 ... kurz durch $\bar{5}$, $\bar{4}$... und die durch die Drehungen ω_5 , ω_4 ... erzeugten relativen Verschiebungen kurz mit $\widehat{5}$, $\widehat{4}$... bezeichnet sind. Da die in Reihe III und VI berechneten Werthe: $E \frac{1}{1000} = \frac{200\,000}{1000} = 200$ fach zu gross sind, müssten sie in $\frac{1}{200}$ (als *dc*m) aufgetragen werden, um die Verschiebungen in natürlicher Grösse zu erhalten; in Fig. 4 wurden sie doppelt so gross aufgetragen, also im Massstab $\frac{1}{100}$, d. h. die Einheit (1 *dc*m) als $\frac{1}{100}$ *dc*m = 1 mm. Aus der Polfigur F^v erhält man durch wagrechte und lothrechte Projektion die beiden Biegunslinien und andererseits ergeben sich die Verschiebungen auch nachstehend rechnerisch durch Betrachtung der Polfigur.

Doppelte Grösse der Verschiebungen:
Lothrecht.

$$\begin{aligned}\delta'_1 &= \bar{1} = 0.32 \\ \delta'_2 &= \delta'_1 + \widehat{2} = 0.32 + 8.26 = 8.58 \\ \delta'_3 &= \delta'_2 + \widehat{3} = 8.58 + 7.70 = 16.28 \\ \delta'_4 &= \delta'_3 + \widehat{4} = 16.28 + 6.18 = 22.46 \\ \delta'_5 &= \delta'_4 + \widehat{5} = 22.46 + 2.98 = 25.44\end{aligned}$$

Wagrecht.

$$\begin{aligned}\delta''_1 &= \bar{1} = 11.91 \\ \delta''_2 &= \delta''_1 - \bar{2} = 11.91 - 0.25 = 11.66 \\ \delta''_3 &= \delta''_2 - \bar{3} = 11.66 - 0.62 = 11.04 \\ \delta''_4 &= \delta''_3 - \bar{4} = 11.04 - 1.00 = 10.04 \\ \delta''_5 &= \delta''_4 - \bar{5} = 10.04 - 1.30 = 8.74\end{aligned}$$

Hienach ergibt sich die wirkliche Längenänderung der Spannweite $s = \overline{AB}$ zu: $\Delta s = \frac{1}{2} (2 \delta''_5) = 8.74$ mm. Es folgt auch unmittelbar nach Formel (6):

$$E \cdot \Delta s = 2 \left(\sum_{i=2}^5 \Delta l_i + l_1 \omega_1 \right) = 2 \cdot 1000 (-3.17 + 11.91) = 2000 \cdot 8.74 \text{ dc},$$

$$\text{also } \Delta s = \frac{2000 \cdot 8.74}{200.000} \text{ dc} = 8.74 \text{ mm.}$$

Da Punkt A bei der Formänderung in Ruhe bleibt, ist der entsprechende Punkt A' von F^v der Pol O für die wirklich eintretenden Verschiebungen, so dass z. B. $O3^v = A'3^v = \delta_3$.

Aufgabe 2. Ein Bogenträger der eben behandelten Form und den gleichen Abmessungen habe anstatt eines wagrecht verschiebbaren Auflagers bei B auch ein festes Gelenklager. Derselbe ist einfach statisch unbestimmt und zwar sei der wagrechte Stützendruck X die Unbekannte. Gesucht die Einflusslinie von X.

Hiezu dient folgender allgemeine, für statisch bestimmte und beliebig unbestimmte Träger geltende Satz, welcher sich aus dem Gesetz der Gegenseitigkeit elastischer Formänderungen ergibt. *)

Die Einflusslinie eines Auflagerdruckes für eine wandernde Einzelast $P=1$ ist gleich der Biegunslinie, welche entsteht, wenn die in Richtung des Auflagerdruckes beabsichtigte Verschiebung die Grösse $= 1$ annimmt.

Daraus folgt: Zeichnet man die beiden Biegunslinien (oder die Polfigur) für die Ursache $X=1$ und ist die wagrechte Verschiebung von B gleich $\Delta s = \delta''_B$, wirkt dann eine Last P^1 z. B. an Knotenpunkt 3 und ist die zugehörige Ordinate der lothrechten Biegunslinie δ'_3 , so gilt die Beziehung:

$$X = P^1 \cdot \frac{\delta'_3}{\delta''_B},$$

*) Vergleiche den Aufsatz des Verfassers: „Die Gegenseitigkeit elastischer Formänderungen u. s. w.“, Wochenbl. f. Baukunde 1887, S. 25, auch S. 15 des laufenden Jahrganges.

wobei also die Ordinate δ'_3 mit der Verschiebung δ''_B als nachträglich gefundener Einheit zu messen ist.

Wäre Fig. 4 der betrachtete Träger, sind die Biegunslinien für $X=1$ gezeichnet und wäre P_3 eine schräge Kraft, so ist:

$X = P_3 \cdot \frac{\delta_{P_3}}{\delta_B}$, wobei δ_{P_3} die Projektion der wirklichen Verschiebung δ_3 auf P bedeutet, d. h. die Verschiebung von 3 in der Krafrichtung P, (vergl. die Bemerkungen zu Fig. 9, S. 15 dieses Jahrganges). Man könnte auch die schräge Kraft P in eine loth- und wagrechte Seitenkraft P' , P'' zerlegen und den Einfluss jeder Seitenkraft durch die zugehörigen Biegunslinien ermitteln und dann addiren:*

$$X = \frac{1}{\delta_B} (P' \cdot \delta'_3 + P'' \cdot \delta''_3).$$

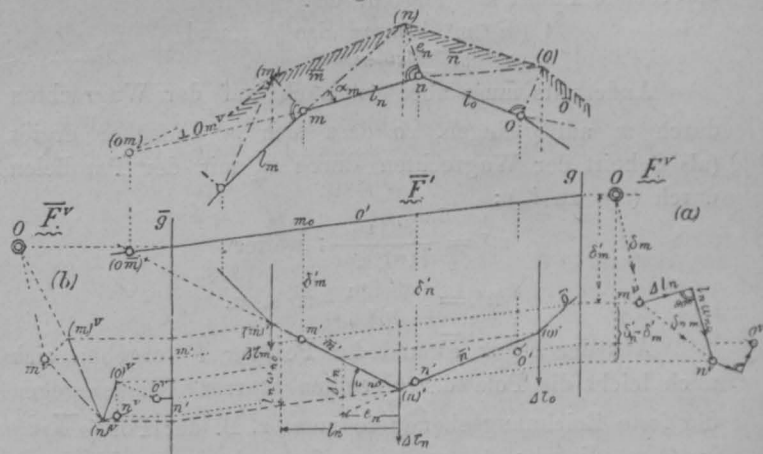
Einfluss der Temperatur. Sei s die Spannweite, ϵ die Ausdehnungszahl für 1° C. und θ der Temperaturzuwachs gegen den spannungslosen Anfangszustand, so würde s sich bei freier Ausdehnung vergrössern um $\Delta s = s \epsilon \theta$; eine Widerstandskraft T in Richtung AB verhindert aber diese Ausdehnung, und die Grösse von T folgt aus der Beziehung:

$$T: (x=1) = s \epsilon \theta : \delta''_B \text{ zu } T = 1 \cdot \frac{s \epsilon \theta}{\delta''_B}.$$

§ 5. Ableitung der Polfigur aus einer gegebenen Biegunslinie.

Gesetzt, die endgiltige Polfigur F^v der wirklichen Knotenpunktverschiebungen eines elastischen Stabwerkes sei gegeben und z. B. $O m^v$ in Fig. 5 a die Verschiebung eines Punktes m, dann erhält man daraus die Durchbiegung

Fig. 5.



von m in einer bestimmten, z. B. der lothrechten Richtung als lothrechte Projektion δ'_m des Polstrahles $\overline{O m^v}$. Ueberträgt man δ'_m durch wagrechte Projektionsstrahlen auf eine lothrechte Gerade g, und von dort in beliebig anderer paralleler Richtung auf den lothrechten Projektionsstrahl unter m nach $\overline{m_o m'}$, so erhält man durch Zusammenfassen aller Punkte m' die Biegunslinie F^v ; die durch Projektion vom Pole O herrührende Gerade o' ist zugehörige Nulllinie, und der Unterschied der Ordinaten zweier aufeinanderfolgenden Punkte von F^v , z. B. von δ'_m und δ'_n ist gleich der lothrechten Projektion der zugehörigen relativen Verschiebung δ_{nm} .

Ist nun umgekehrt die Biegunslinie F^v durch irgend welche andere Weise gegeben, so lässt sich durch den genannten Zusammenhang die zugehörige Polfigur in nachfolgender Weise ermitteln:

*) Vergleiche auch Melan, Handbuch der Ingenieurwissensch., Bd. II., 4. Abtheilung, Theorie d. eisernen Bogentr., S. 66.

Erstes Verfahren. Angenommen, es sei z. B. m^v bereits gefunden, so ergibt sich der nächste Punkt n^v aus den beiden Bedingungen:

$$\overline{m^v n^v} = \delta'_n - \delta'_m \text{ und } \overline{m^v n^v} \perp n = \Delta l_n.$$

Man beginnt bei Zeichnung der Polfigur von der Nulllinie aus mit dem Pol O , welcher einem festen Trägerpunkte entspricht. (Für einen starren Stab l^v ist $\Delta l_n = 0$, also würde $m^v n^v \perp mn$, welche Eigenschaft die Grundbeziehung der Polfiguren von aus starren Gliedern bestehenden kinematischen Ketten darstellt; hiernach kann man aus einer Verschiebungsfigur F^v einer kinematischen Kette umgekehrt die zugehörige Polfigur für einen gewissen Bewegungszustand ermitteln.)*

Zweites Verfahren. Ist die Biegelinie eines elastischen Stabwerkes mit Hilfe eines gedachten Stabwerkes \overline{F} ermittelt, so lassen sich auch in anderer einfacher Weise die Punkte der Polfigur F^v finden, nämlich durch Vermittlung der zu \overline{F} gehörenden Polfigur \overline{F}^v Fig. 5 b. Den gedachten Knotenpunkten (m) , (n) , (o) . . . entsprechen die Eckpunkte $(m)'$, $(n)'$, $(o)'$. . . der Seillinie. Ist der zu (m) entsprechende Punkt $(m)^v$ von \overline{F}^v (durch Vermittlung von $(m)'$ und dessen Projektion auf der lothrechten \overline{g}) bereits gefunden, so ergibt sich $(n)^v$ durch $(m)^v (n)^v \perp (m) (n)$ und der dem Punkt m von \overline{m} entsprechende Punkt m^v folgt durch:

$$\left\{ \begin{array}{l} (m)^v m^v \perp (m) m \text{ also } \parallel l_m \text{ und} \\ (n)^v m^v \perp (n) m. \end{array} \right.$$

Andererseits muss aber m^v auch auf der Wagrechten durch m_1 auf \overline{g} liegen, so dass sich m^v einfacher ergibt (als Schnitt der Wagrechten durch m_1 mit der Parallelen durch $(m)^v$ zu l_m):

$$m^v = \frac{r'' \mid m_1}{l \mid (m)^v \parallel l_n}; \text{ weiter.}$$

$$n^v = \frac{r'' \mid n_1}{l \mid (n)^v \parallel l_n} \text{ u. s. w.}$$

Aus der Figur \overline{F}^v und der Polfigur F^v ergeben sich auch leicht die Pole der einzelnen starren Glieder gegen die feste Zeichnungsebene; so muss z. B. der Pol $(o \overline{m}) = (o m)$ liegen: 1. auf dem lothrechten Strahl durch $(o \overline{m})' = o' \mid \overline{m}'$ und 2. auf dem senkrechten Strahl zu $O m^v$ durch m , d. h.

$$(o \overline{m}) = (o m) = \frac{r' \mid (o m)'}{l \mid m - O m^v} = \frac{r' \mid (o m)'}{l \mid (m) \perp O (m)^v}$$

Zwischen \overline{F}^v und F^v gelten noch folgende Beziehungen:

1. die lothrechte Ordinate zwischen den Seillinien \overline{m}' und \overline{n}' in der wagrechten Entfernung e_n von $(n)'$ ist gleich $\Delta l_n = e_n \Delta \tau_n$.

2. Die lothrechte Ordinate zwischen \overline{m}' und $l \mid (n)' \parallel o'$ in der wagrechten Entfernung l_n von $(n)'$ ist gleich $l_n \omega_{no}$, denn der Verdrehungswinkel ω_{no} von l_n ist gleich dem Verdrehungswinkel von m , da $\Delta \alpha_m = 0$.

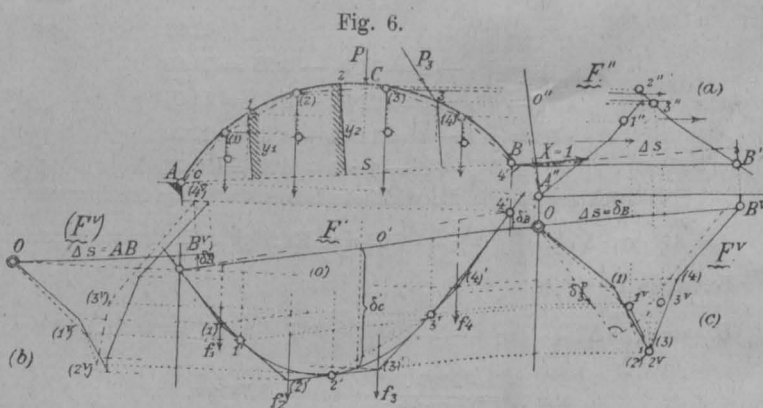
*) Man vergleiche den früheren Aufsatz S. 32 dieses Jahrganges, wo die genannte Beziehung in Fig. 25 c erkennbar ist; für elastische Stabwerke tritt die Erweiterung der erwähnten Beziehung durch Auftreten der Bedingung: $\overline{m^v n^v} \perp n = \Delta l_n$ (anstatt o) ein; vergl. auch S. 25, nebst Fig. 22 b.

Bei vollwandigen Trägern ist das Verfahren ganz entsprechend, so dass kaum etwas hinzuzufügen ist; den Punkten (m) und (n) entsprechen die Schwerpunkte der Theile der Spannungsnulllinie, bezw. (unter der Annahme $\Delta s = 0$) die Schwerpunkte der einzelnen Bogentheile s , alles Uebrige ist ganz entsprechend, wie bei Stabwerken. Will man die Polfigur F^v unter Berücksichtigung der berechneten Δs ($= \frac{N}{EF}$), aber ohne Zuhilfenahme der Spannungsnulllinie finden, so verfährt man wie folgt:

1. Man zeichne zunächst die lothrechte Biegelinie unter vorläufiger Annahme $\Delta s = 0$, dann geben die aufeinanderfolgenden Seiten der daraus ermittelten zugehörigen Polfigur (vergl. Fig. 5 b) sofort die Werthe $s_m \omega_{mo}$ nach Grösse und Richtung, wie aus Fig. 5 a folgt, wenn man $\Delta l = \Delta s = 0$ setzt, da dann $\overline{m^v n^v} = \delta_{nm} = s_m \omega_{mo}$ wird. Mit diesen abgegriffenen Grössen und den berechneten Werthen Δs bilde man die endgültige Polfigur nach dem allgemeinen Verfahren des § 4.

2. Man zeichne eine zweite Polfigur F_s^v aus den nach Grösse und Richtung von einem Pol O_s aus aneinandergetragenen Δs und trage die nur von den Δs herrührende Verschiebung $\delta_m^s = \text{Polstrahl } O_s \mid m_s^v$ nach Grösse und Richtung an den entsprechenden Endpunkt m^v der ersten (nach dem obigen Verfahren 1 ermittelten, angenäherten) Polfigur, wodurch man die genaue (verbesserte) Polfigur erhält.

Beispiel. Gesucht die Einflusslinie für den Stützendruck X in der Richtung der Verbindungslinie $s = AB$ der Kämpfergelenke eines elastischen Bogenträgers von überall gleichem Querschnitt, Fig. 6.



Man löse die Starrheit im Sinne von X , d. h. man verwandle das feste Gelenklager bei B in ein in Richtung X gleitendes Gelenklager und zeichne die Biegelinie F'' für $X=1$ nach der zugehörigen Momentenfläche, gebildet durch AB und dem Bogen; in der Fig. 6 wurden der Deutlichkeit wegen nur vier Theile der Momentenfläche genommen und die Δs vernachlässigt. Es berechnet sich z. B. die zu $s_2 = 1-2$ gehörige Kraft f_2 (wenn man die zugehörige Momentenfläche angenähert als Trapez betrachtet) zu:

$$f_2 = \frac{y_1 + y_2}{2} \cdot s_2$$

und sie wirkt im Schwerpunkt (2) von s_2 (erhalten durch Projektion des Schwerpunktes des Theiles der Momentenfläche in der Richtung $\perp AB$ und weiter genügend genau durch Schätzung bestimmt); macht man $s_1 s_2 = \dots = s$, so sind die f proportional den mittleren Ordinaten der Theile der Momentenfläche, und man kann einfach setzen:

$$f_2 = \frac{y_1 + y_2}{2},$$

wobei man die Ordinaten von F'' um das s -fache zu klein erhält.

1. Genaues Verfahren. Zeichnet man für die loth- und wagrechte Richtung der f_m zwei Seillinien F' , F'' so ergibt sich die Nulllinie $o'g = o'$ nach der früheren Fig. 1, wobei $g = AB$ und dann, durch Projizieren der Punkte von F' und F'' parallel o' , bezw. o'' auf eine loth-, bezw. wagrechte Gerade, in einfacher Weise die endgültige Polfigur, Fig. c, sowie die Verschiebung $\Delta B = \overline{OB'}$ von B in Richtung X . Wir zeigen hier noch ein anderes Verfahren:

2. Angenähertes Verfahren. Durch die innere Formänderung des Bogens ist die Vergrößerung der Spannweite: $\Delta s = \Delta AB$ völlig bestimmt, unabhängig von der Richtung der Gleitbahn g . Man nehme daher nach Zeichnung von F' eine beliebige Nulllinie an, z. B. die wagrechte (o'), zeichne die zugehörige Polfigur (F''), Fig. 6 b, indem man die Sehnen $\overline{01}$, $\overline{12}$, ... annähernd als starr betrachtet und die Verdrehungen bei 1, 2, 3 konzentriert denkt, d. h. man ziehe zwischen den Wagrechten durch 1', 2', 3', 4' die Seiten: $O(1v) \perp o$, $(1v)(2v) \perp 12$... und erhält so $(4v) \equiv (Bv)$; dann folgt: $\Delta s = \overline{O(4v)} \cdot s = \overline{OBv} =$ Grösse und Richtung der Verschiebung δ_B von B (wobei $OBv \parallel AB$) und durch deren lothrechte Projektion δ'_B ist die gesuchte Nulllinie o' durch die Ordinate — δ'_B von 4' bestimmt. Diese Polfigur (F'') ist in Fig. 6 b gestrichelt gezeichnet.

Die Biegungslinie F' , welche die Seillinie in den Punkten 1' 2' 3' berührt, ist die Einflusslinie für X (mit der Nulllinie o'), deren Ordinaten mit der Verschiebung $\Delta s = \overline{OBv}$ als Einheit gemessen werden:

$$\text{eine lothrechte Last } P \text{ bei } C \text{ bewirkt hiernach: } X = P \cdot \frac{\delta'_c}{\Delta s} = \frac{\delta'_c}{\delta'_B}.$$

Wirkt die Last P nicht unmittelbar auf den Bogen, sondern durch Vermittelung eines Zwischenträgers zwischen 2 und 3, so ist δ'_c nur bis an die Verbindungsgerade 2'—3' zu messen. Da es hier nur auf das Verhältnis der Verschiebungen ankommt, kann man die Polweite h für die f beliebig gross wählen.

Anmerkung. Das oben angegebene angenäherte Verfahren 2. stimmt umso weniger, je mehr eine Sehne vom zugehörigen Bogentheile abweicht. Die hiernach ermittelte Polfigur (b) liefert einen Werth ΔAB , welcher von dem genauen, nach Verfahren 1 ermittelten Werth in Fig. a) hier nicht unbeträchtlich abweicht. Das zweite Verfahren wird jedoch auch zu einem genauen; sobald man an Stelle der Punkte 1, 2, ... die Schwerpunkte (1), (2) ... der Bogentheile nimmt, da sich die Entfernung zweier benachbarten Schwerpunkte bei der Formänderung nicht ändert; denn z. B. (1), (2) kann mit dem Querschnitt bei 1, wie vorher nachgewiesen, zu einem starren Gliede verbunden gedacht werden. Die zugehörigen Seiten dieser genauen (ersten) Polfigur (b) liegen zwischen den Parallelen durch (1)', (2)', (3)', ... und stehen senkrecht auf $o(1)$, $(1)(2)$ Um die Abweichungen beider genannten Verfahren zu zeigen, wurde die genaue Polfigur in der Zeichnung bei (b) ausgezogen. Die endgültige Polfigur (c) nach dem angenäherten Verfahren ist in Fig. (c) gestrichelt, nach dem genauen Verfahren ausgezogen; nach letzterem erhält man z. B. zu dem in c) gefundenen Punkt (3) den entsprechenden Punkt 3' durch: $(3)3' \perp (3)3$ und auf dem, dem Punkte 3' entsprechenden wagrechten Projektionsstrahl liegend.

Die Polfigur F'' ist die Einflussfigur für beliebig gerichtete Kräfte, so dass z. B. für die schräge Kraft, P_3 sich ergibt:

$$X = P_3 \cdot \frac{\delta_3^p}{\Delta s},$$

wobei δ_3^p die Projektion von δ_3 auf die Richtung von P_3 .

Zur Iglauer Wasserleitung.

Herr Arthur Oelwein, Ober-Inspektor der k. k. österr. Staatsbahnen, bringt mit der von ihm projektirten, im letzten Hefte der „Vereinszeitschrift“ veröffentlichten Stadtwasserleitung für Iglau eine neue, bisher wenigstens in Oesterreich noch nicht zur Ausführung gelangte Konstruktion eines Kühlschachtes und eine von erprobten Konstruktionen gänzlich abweichende für Filter.

Zu deren Werthschätzung beizutragen, soll Zweck der nachfolgenden Zeilen sein!

Von dem, was ich in unserer „Wochenschrift“ in Nr. 9 vom Jahre 1888 über die Iglauer Wasserleitung veröffentlichte, habe ich, trotz dem Eingensendet des Herrn Ober-Inspektor Oelwein in Nr. 10 desselben Jahrganges umso weniger etwas zurückzunehmen, als diese meine damaligen Behauptungen durch die inzwischen in Iglau gemachten Erfahrungen und in verschiedenen März-Nummern von 1888 des in Iglau erscheinenden „Mähr. Grenzboten“ angegebenen Thatsachen bestätigt werden.

Nr. 32 derselben enthält: „Die Regengüsse der Sonntagnacht haben selbstverständlich in den Schneemassen in der Stadt, sowohl wie draussen auf offenem Felde tüchtig aufgeräumt, dafür aber Hochwasser gebracht, das in den Niederungen manchen Schaden anrichten dürfte. Eine Folge des massenhaft sich in den Teichen ansammelnden Schneewassers dürfte es sein, dass unser Trinkwasser der neuen Leitung einen gelblichen Stich und etwas absonderlichen Geschmack erhielt. Hoffentlich wird sich wohl dieser Uebelstand bald wieder beheben.“

Nr. 34 bringt (ohne meine Veranlassung) mein Eingensendet aus Nr. 9 unserer „Wochenschrift“ und dazu die Bemerkung: „Wir haben den obigen Ausführungen nichts weiter hinzuzusetzen; dieselben sind einleuchtend und klar genug. Die Erfahrungen, welche mehrmals im Vorjahre und erst kürzlich bezüglich der Reinheit unseres Trinkwassers gemacht wurden, scheinen die Behauptungen Herrn Freudenthals, betreffs der Filteranlagen vollinhaltlich zu bestätigen.“

Nr. 36 enthält das Eingensendet des Herrn Ober-Inspektor Oelwein und anschliessend: „In einem Privatschreiben spricht Herr Ober-Inspektor die Ueberzeugung aus, dass die letztvorgekommenen Trübungen des Wassers in den Häusern nur lokalen Ursachen zuzuschreiben sind, über die er, von Iglau entfernt, keine Erklärung geben könne. Wenn Leitungen längere Zeit

partiell abgesperrt seien, fiesse anfangs auch das Wasser trübe. Hausleitungen, längere Zeit unbenutzt gelassen, müssen längere Zeit durchgespült werden. Ob das filtrirte Wasser rein sei, zeige sofort die Probe, die man aus der Reinwasserkammer leicht entnehmen könne.“

Nr. 37 bringt einen längeren Artikel des Herrn Professor L. Lenz in Iglau über Einfluss der organischen Stoffe im Wasser etc. und schliesslich heisst es: „Es passirt das Teichwasser, bevor es in dem Röhrenstrange zur Stadt strömt, noch Sandfilter. Um die Wirkung dieser Filter zu prüfen, wurde im Monat August verflossenen Sommers gleichzeitig mit der Probe aus dem Teiche eine Wasserprobe, welche die mit einer neuen Sandschichte erst belegte Filterkammer Nr. 1 durchströmte, genommen und untersucht.“

Das Ergebnis dieser Untersuchung war, dass das filtrirte Wasser nur noch zwei Theile organischer Substanz von 100.000 Theilen Wasser enthält.

Durch die Filtration wurden also 2.5 Theile organischer Substanzen entfernt. Allein nicht nur diese, sondern auch der feste Rückstand überhaupt, das Chlor und die Härte verminderten sich durch die Filtration. Letzterer Umstand ist aber bei unserem Röhrenwasser weniger in die Augen springend, weil es an Mineralstoffen überhaupt arm ist. Jedoch beweisen diese Wahrnehmungen, dass unsere Filteranlage gut funktioniert, und mit den Erfahrungen, die man in Sandfiltern an anderen Orten gemacht hat, übereinstimmt. Freilich muss man der Filterreinigung die grösste Sorgfalt angedeihen lassen und es genügt nicht, bei der Reinigung von der Sandschichte nur einige Zentimeter wegzunehmen oder gar nur das Oberste wegzukratzen.

Durch so eine oberflächliche Reinigung kann jedes Sandfilter Uebelstände hervorbringen. Uns blieb es nicht erspart, aus diesem Grunde im verflossenen Sommer eine derartige Störung der Filtration zu empfinden. Die ganze Sandschichte muss gereinigt werden.

Was nun die in letzter Zeit an einigen Auslaufstellen wahrgenommene Trübung des Wassers anbelangt, so waren wir leider nicht in der Lage dieselbe beobachten zu können. Nach dem darüber Vernommenen kann man dafür nicht die Filteranlage verantwortlich machen. Der Grund liegt wo anders.

Zur Schonung unserer Filteranlage wäre es wünschenswerth, jene oberhalb des Röhrenteiches gelegenen Teiche, die zur Speisung des Röhrenteiches dienen sollen, nicht mit Fischen zu besetzen.“

Hierauf bemerke: dass die ganze Sandschichte gereinigt werden müsste, darf und kann bei ordentlich und richtig konstruirtem Filter gar nicht eintreten.

Es genügt bei diesem vollständig, wenn je nach der durch die grössere oder mindere Reinheit des Wassers bedingte Zeitdauer der Thätigkeit des Filters nur die oberste Sandschichte desselben mit circa 20 mm Stärke abgenommen und nach mehrmaliger Abnahme, meistens erst nach einem Jahre, der herausgenommene und gesammelte Sand gewaschen und unter Zusatz von neuem Sande als Ersatz für den unvermeidlichen Abgang wieder aufgebracht wird.

Es ist kein Bedürfniss, sondern eine Vorsichtsmaassregel, wenn bei solchen rationellen Filter-Anlagen erst nach Ablauf von circa 10 Jahren einmal die bis dahin unberührt gebliebenen unteren Sandschichten gänzlich gereinigt werden: Da keine Verunreinigungen in deren Schichten eindringen und diese Filter vom Anfang bis zu Ende ihres Betriebes ein ganz gleiches gutes und reines Wasser liefern.

Nach Herrn Professor Lenz genügt eine solche oberflächliche Reinigung der Filter in Iglau nicht, trotzdem haben sie aber an den vereinzelt Tagen der Wasserprobe-Entnahme ein reines Wasser geliefert, was kein Beweis gegen meine Behauptung ist, aber nur dann stattfinden konnte, wenn die Bedingungen dafür vorhanden sind, d. h. wenn in den Filtern keine Druckschwankungen auftreten.

Das Gegentheil, das ist die Lieferung von unreinem Wasser aus den Filtern, kann durch einen diesbezüglich — mit einem Filter ohne Betriebsstörung — zu machenden Versuche auf praktischem Wege unzweifelhaft bewiesen werden, wodurch sich dann rückschliessend die in den Nummern 32, 34, 36 und 37 des „Mähr. Grenzboten“ besprochenen und angegebenen Trübungen, Färbungen, absonderlicher Geschmack des filtrirten Wassers der neuen Leitung, besonders auffallend beim Eintritte des Thauwetters, einfach und natürlich erklären, — ohne dass es hiezu einer solchen Erklärung, wie selbe Herr Ober-Inspektor Oelwein in Nr. 38 des „Mähr. Grenzboten“ gibt — bedarf.

Diese lautet: „Herr Ober-Inspektor Oelwein hat in einem Schreiben an die Redaktion des „Grenzboten“ betont, dass Trübungen des Wassers, wenn sie jetzt in der städtischen Wasserleitung vorkommen, nur lokalen Ursachen zuzuschreiben, keinesfalls aber auf Rechnung der Filter zu setzen sind.

Die täglich vorgenommenen Proben (analytisch, bakteriologisch, mikroskopisch?) im Reinwasserbassin ergeben bis nun, dass das Wasser aus den Filtern vollkommen gereinigt hervorgeht.

Die Trübungen, die insbesondere nach Spülung der Hydranten vorkommen, haben ihren Grund theils in dem Ansetzen von Rost an die Hydranten und Schieber, theils auch in geringen Ablagerungen, die bei der Legung der Röhren und bei ihrer Montage vorkommen.

Im Laufe des strengen Winters war es nun nicht möglich, die Wasserleitung zu spülen, weil die Entleerungen der Rohre in den Strassen und Gassen zu einer massenhaften Eisbildung Veranlassung gegeben hätten.

Durch mehr als vier Monate wurde daher die Spülung nicht vorgenommen. Als sie nun Mitte dieses Monates erfolgte, wurden sowohl in einzelnen Haushaltungen, als auch in einzelnen Auslaufsbrunnen diese Trübungen bemerkt, die aber von ganz kurzer (1½ Tag?) Dauer waren und sich mit dem Momente nicht mehr zeigten, wo die Wasserspülung aufhörte.

Diese Erscheinungen, die bei jeder neuen Rohrleitung vorkommen, werden sich auch in der Folge, jedoch im minderen Maasse wiederholen, wenn eine Spülung des Rohrstranges durch Monate nicht möglich sein wird. Nachdem gegenwärtig die Jahreszeit günstig ist, werden zeitweise die Ablasshähne der Hauptleitung geöffnet und so eine rasche Erneuerung des Wassers im Rohrnetze erzielt werden.

Die Filterreinigung findet mit der grössten Sorgfalt statt und die Wasser-Konsumenten können vollkommen beruhigt sein, dass unser Trinkwasser allen Eigenschaften eines guten Wassers entspricht.“

Nachdem die Röhren nebst ihren Bestandtheilen, Schieber, Hydranten etc. bedingungsgemäss asphaltirt und an den Endrohrsträngen Auslaufständer mit fortwährendem Wasserauslauf vorhanden sind, so kann der Rost von keinem solchen Einflusse auf das Wasser — wie angenommen wurde — gewesen sein. Dass fortwährende Auswaschungen, resp. Spülungen nothwendig seien, ist eine besondere Eigenthümlichkeit der Iglauer Wasserleitung!

Dass schliesslich angegeben wird, es seien 16 Monate nach Einlass des Wassers in die neue Leitung noch Ablagerungen in derselben vorhanden, — „die bei der Legung der Röhren und bei ihrer Montage vorkommen,“ — ist doch nur dann denkbar, wenn vor der Betriebseröffnung die Rohrleitungen nicht ausgespült und durchgewaschen wurden. Wie stimmt hiemit die Angabe im Aufsatze, „dass Ende Juli (1887) sich eine schwache Trübung des sonst krystallklaren Wassers zeigte, worauf in dem Filter nach einander die oberen Sandschichten entfernt und durch frischen Sand erneuert wurden?“

Dass die Filterreinigung in Iglau mit der grössten Sorgfalt, wenn auch unter Verursachung von grösseren Kosten, stattfindet, ist möglich, aber nimmermehr, dass die Filter immer so reines Wasser, wie ordentlich konstruirte, liefern.

Aus den Mittheilungen des Herrn Ober-Inspektors Oelwein klingt seine grosse Befriedigung darüber hervor, dass die Filter sieben Monate ununterbrochen im Betriebe waren und in Zukunft nur zweimal im Jahre zu reinigen sein werden. Die Thatsache, dass die Filter erst gereinigt wurden, als die Trübung des filtrirten Wassers in der Stadt dies für nothwendig anzeigte und dass in den Filtern die organischen Substanzen und sonstigen Verunreinigungen des Teichwassers bis zu sieben Monaten langer Dauer zurückgehalten wurden, widerspricht den einfachsten sanitären Anforderungen. Angestellte Untersuchungen des filtrirten Wassers unmittelbar vor und nicht nach Reinigung der Filter würden wohl andere Resultate in Bezug der Reinheit des Wassers geliefert haben.

Die Filterschichten-Anordnung, besonders die ein Meter hohe Kopf- und 0.6 m hohe Schichtung mit faustgrossen Steinen ist eine absonderliche und der Grund hiezu nicht erkennbar, selbe sind weder nach einem gut erprobten Muster hergestellt, noch werden sie je zu einem solchen dienen. Der Sand in dem Iglauer Filter ist von einem so groben Korn, mit 4—5 mm Durchmesser, gleich Erbsengrösse, dass er nicht mehr als Sand, sondern als feiner Kies zu bezeichnen ist. Nicht das grobe Korn desselben, sondern die richtige Schichtungsweise soll verhindern, dass dieser nicht in die unterliegenden Steinlagen gespült wird, — was bei dem Iglauer Filter schwer erreichbar ist.

Die Druckschwankungen sind durch die angewendete Filterkonstruktion nicht verhinderbar, auch wenn die Filterabflüsse durch die Schieber regulirt werden, da sie durch die verengten Schieberquerschnitte hindurch doch zwischen Filter und Reinwasserkammer stattfinden und sind durch die Voraussetzung des Herrn k. k. Ober-Inspektor Oelwein von stündlichen bis zur 140 % Mehr-Wasserverbrauch über dem Stundenmittel als zulässig angenommen! Nachdem dieser eine, Herr Professor Lenz, mehrere recht sichtbare Trübungen des filtrirten Wassers, die Bevölkerung aber deren noch mehr mit starker Färbung und auch absonderlichem Geschmacke angibt: so ist es sicher, dass zu diesen Zeiten die Filter nicht ordentlich funktionirten und dass das Wasser nicht den Gehalt an organischen Stoffen und Verunreinigungen hatte, den es bei der je nur einmal vorgenommenen analytischen und bakteriologischen Untersuchung, sondern einen weit höheren Gehalt als 2 : 100.000 gehabt hat!

Die Geschwindigkeit des die Filter durchpassirenden Wassers soll in 24 Stunden 0.8, 1.7, 2.0, 2.5, 4.0 und 6.0 m betragen. Die letzteren Geschwindigkeiten sind so gross, wie sie wohl bisher noch bei keinem ordentlich zu funktionirenden Filter zur

Anwendung gelangt sind und gestatten würden, bis zu 4320 m³ pro 24 Stunden mit denselben zu filtriren, wobei es sich sehr bald herausstellen würde, dass die Filterflächen — auch für kleinere Quantitäten zu filtriren — zu klein sind. Doch auch dieser Fall ist schon vorgesehen, da Herr k. k. Ober-Inspektor Oelwein, Seite 101 sagt: „Später einmal wird man, wenn der Tagesbedarf über 1200 m³ gestiegen ist, für Fälle eines plötzlich eintretenden Massenbedarfes direkt aus dem Zulaufkanal — also unfiltrirtes Wasser — in die Hauptleitung zuführen!“

In der Sitzung des Stadtverordneten-Kollegiums der Stadt Iglau vom 28. September d. J. theilte das Wasserleitungs-Komiteé mit, dass die bisherige Methode des Waschens des Filtersandes zu kostspielig sei, weil selbe sich auf fl. 1000 im Jahre stellte, daher eine Abhilfe, wie auch die Beschaffung von 96 m³ Vorrath Sand dringend nothwendig seien und es hätte die Frage der rationellen Filter-Reinigung bei der Anwesenheit des Ingenieur- und Architekten-Vereines, der bekanntlich heuer das Wasserwerk besichtigen wollte, in Anregung gebracht und besprochen werden sollen. Der Vorsitzende theilte weiter mit: „Die Frage der Filter sei ja ohnedies noch nicht vollkommen gelöst und es hätten Fachleute erklärt, es möge überhaupt die Sandschichte in den Filtern erhöht werden.“

Nach meinen Auseinandersetzungen ist Letzteres nicht das einzige anzuwendende Mittel, um in Iglau rationelle Filtration zu erzielen.

Das Grafikon auf Tafel XVI, Fig. 4, über die beobachteten Temperaturen gibt die höchste Temperatur des Wassers im Reinwasser-Reservoir mit 15.4° C. im August 1887 an und das Minimum im Dezember desselben Jahres mit 2.6° C., welche Temperaturen für Trinkwasser wohl keine entsprechenden sind. Bei den angegebenen Alpen-Seen beginnen die Angaben der Wassertemperaturen bei 3 m Tiefe unter der Wasseroberfläche, also in gleicher Höhe mit den früher bestandenen Ableitungen, welche mittelst hölzernen Röhren das Wasser zur Stadt führten. Es lag daher sehr nahe, jetzt hier die gleiche Tiefe von 3 m zu acceptiren. Leider wären dadurch die schön klingenden, die Wirkung des Kühlschachtes im best günstigsten Lichte stellenden, für die effektive Wirkung aber überflüssigen Vergleiche der Temperaturen bei 1 m unter Wasseroberfläche gegenüber derjenigen an der Sohle des Kühlschachtes verloren gegangen. Es ist wohl nicht überflüssig hier zu bemerken, dass bei eventuellem Ueberlauf des Teiches die obersten und wärmsten Wasser ablaufen und daher nicht in den Kühlschacht gelangen.

Ob und welchen — gegen früher — gewinnbringenden Einfluss der Kühlschacht auf die Temperatur des zur Wasserleitung dienenden Röhrenteichwassers äussert, ist leider nicht mehr positiv festzustellen und annähernd nur bestimmbar durch den Temperatur-Vergleich zwischen dem des Wassers an der Sohle des Kühlschachtes bei 16.5 m Tiefe gegenüber der in der ursprünglichen Teichtiefe mit 5.9 m, wobei aber berücksichtigt werden müsste, dass jetzt die Einwirkungen der im Teiche aufgehenden Quellen, die im Sommer die Temperatur in der Teichtiefe erniedrigten und im Winter erhöhten, durch die Kühlschachtanlage alterirt und weggefallen sind. Unter Berücksichtigung des eben Gesagten wird angenommen werden können, dass die Temperaturen in der früheren Teichtiefe sich sehr denen im Grafikon Fig. 5 für 10 m Tiefe unter dem Wasserspiegel angegebenen nähern, welche nur um 1° C. höher als die höchste Temperatur und von 12° C. an fast gleich sind, wie die des Wassers an der Sohle des Kühlschachtes. Die Temperaturen unter 12° C. können hiebei ausser Betracht kommen, da Herr k. k. Ober-Inspektor Oelwein in der „Wochenschrift“ vom 12. August 1887, Seite 234 sagt: „Hygienisch ist Wasser mit 9° R. also circa 12° C. jene Grenze, welche die Aerzte als der Gesundheit weit zuträglicher erklären, als kühleres Wasser.“

Ob sich die für den Kühlschacht ausgelegte bedeutende Kostensumme im Verhältnisse für die dadurch gewonnene sehr geringe Anzahl Tage, im August 1887, wo das Wasser an der Sohle desselben nur um ein Weniges niedriger war, als bei der Teichtiefe mit 5.9 m, lohnte, ist nur die Gemeinde Iglau in der

Lage entscheiden zu können, ohne Rücksicht auf die darüber anderweitig geäusserten abfälligen Urtheile.

Herr k. k. Ober-Inspektor Oelwein führt viele Milderungsgründe, als sehr warmen Sommer, wenig Wasser, Bauperiode, Filter-Reinigung etc. betreffs der höchsten und niedrigsten im Kühlschachte erreichten Temperaturen an und so unterlasse ich den Nachweis, dass die Wassertemperaturen nur an wenigen Tagen die an ein Trinkwasser mit 12—14° C. zu stellenden, wie auch die den Bewohnern Iglaus vorher zugesagten von 7—14° C. entsprochen haben, wobei angenommen, dass das Wasser mit beiläufig den gleichen Temperaturen in der Stadt zum Ausfluss gelangt ist. Ueber den letzteren Umstand wurden keine Angaben gemacht, was umso mehr zu bedauern ist, als dadurch nicht zu ersehen, ob sich die gehofften günstigeren Wassertemperaturen eingestellt haben, die durch das 3 m Tiefliegen des circa 3300 m langen, 0.3 m im Durchmesser habenden Zuleitungs-Rohrstranges erzielt werden sollten.

Schliesslich muss gerechterweise anerkannt werden, dass durch die Beseitigung der sanitären Uebelstände bei den Teichen und Reinigung derselben, der Zuführung des Wassers durch, wenn auch mangelhafte Filter und mittelst tiefliegender gusseisernen Röhren zu und in der Stadt, gegenüber den früheren primitiven fast zu Tage liegenden hölzernen Röhren, die jetzige Wasserleitung einen sehr grossen Fortschritt in der Wasserversorgung der Stadt Iglau bezeichnet.

Wien, 13. Oktober 1888.

A. Freudenthal
Ingenieur.

Erwiderung des Herrn A. Oelwein auf vorstehenden Artikel.

Herr Redakteur! Sie hatten die Güte, mir den Bürstenabzug einer neuerlichen Kritik der Iglauer Wasserleitung, erstattet durch den Kollegen Ingenieur Freudenthal, zur allfälligen Aeussierung zu übersenden, damit dann Duplik und Replik in demselben Hefte erscheinen können. Ich danke Ihnen für diesen sehr praktischen Vorgang schon aus dem Grunde, weil ich bei einer Reproduktion der Duplik in anderen Zeitschriften dann wohl erwarten kann, dass auch meiner Replik Erwähnung geschieht, zumal das „Eingesendet“ in Nr. 9 unserer Wochenschrift hinausflatterte, in Lokalblättern und Fachschriften ganz oder auszugsweise abgedruckt wurde, ohne dass meiner in Nr. 10 der Wochenschrift gegebenen Erwiderung gleichzeitig Erwähnung geschah.

Ich hätte dieses Umstandes nicht weiter gedacht, aber die von meinem geehrten Kollegen in Nr. 9 der Wochenschrift zur Begründung der fehlerhaften Filteranlage hauptsächlich angeführten Umstände: „Vorhandensein von noch 2 Theilen organischer Bestandtheile in 10.000 Theilen Wasser und Möglichkeit von Schwankungen der Wasserspiegel in den Filter- und Reinwasserkammern bis 4.3 m“ waren den Thatsachen gar nicht entsprechend.

In meiner Erwiderung in Nr. 10 habe ich dessen bereits erwähnt und in der Abhandlung in Heft III der Zeitschrift: „Die Wasserversorgung der Stadt Iglau aus den Pistauer Teichen“, habe ich an der Hand der von Prof. Lenz mir zur Verfügung gestellten Analysen auch nachgewiesen, dass im filtrirten Wasser nur 2 Theile organischer Substanz in 100.000 Theilen Wasser (statt 10.000 Theilen) vorgefunden wurden. Nun ist dies ein gewaltiger Unterschied!

Ein Irrthum ist aber in diesem Falle ausgeschlossen, denn in Kenntnis der beabsichtigten Kritik meines Vortrages am 4. Februar d. J. habe ich den Herrn Ingenieur Freudenthal acht Tage vor dem Erscheinen des „Eingesendet“ in Nr. 9 in den Vereinslokalitäten ausdrücklich aufmerksam gemacht, dass alle Analysen in 100.000 Theilen Wasser gegeben sind, dass daher das Verhältnis 2:10.000, das er gehört oder verstanden haben wolle, nicht richtig ist. Ich konnte erwarten, dass der Herr Kollege sich nach dieser Erklärung, wenn er mir keinen Glauben beimisst, bei Prof. Lenz die richtige Ziffer holt.

Nachdem die Argumente von damals ihren Zweck nicht erreichen konnten, hat Kollege Freudenthal in der vorstehenden Kritik neue Momente für den Beweis gesammelt, dass die, wenigstens in Oesterreich noch nicht zur Ausführung gelangte Konstruktion eines Kühlturmes und eine, von erprobten Konstruktionen gänzlich abweichende, für Filter seiner Ansicht nach weder den Zweck der Beschaffung eines guten Wassers, noch auch die gegebenen Versprechungen erfüllt.

Wenn ich den Weg des Herkömmlichen gewandelt wäre, hätte ich allerdings den Erfolg, dass Iglau Bewohner jetzt im Sommer ein Wasser von 8—12° R. geniessen können, während es früher 15—18° R. hatte, nicht erzielt; — die Grobfilter arbeiten aber meiner Ueberzeugung nach besser, als die Feinsandfilter, und bedürfen viel seltener einer Erneuerung der oberen Schichte.

Der Herr Kollege hat übrigens eine ganz eigene Art der Beweisführung eingeschlagen. Zuerst kommen Citate aus dem in Iglau erscheinenden „Mährischen Grenzboten“, dann werden Konklusionen daraus gezogen, dann werden Zahlen und Sätze aus meinem Exposé ganz willkürlich interpretiert.

Der Fall von leichten Trübungen des Wassers kam zweimal seit 13/4 Jahren vor, und lag von Anfang an die Absicht vor, zu erproben, wie lange der einmal beschickte Filter seinen Zweck erfüllt. Nach dem ersten Betriebsjahre, wo die Teiche noch nicht voll werden konnten, und viel sehr trübes Wasser aus den oberen Teichen zugeleitet wurde, beschloss man, vor Eintritt des Winters 1887 und als Einleitung des nun eintretenden regelmässigen Betriebes, aus den stark verunreinigten Filtern eine Schichte von 50—60 cm Sandes zu erneuern. Bis zum Monat Juli 1888 haben die Filter mehr als sieben Monate funktioniert, als eine neuerliche Trübung eintrat.

Ist dies nicht eine Betriebsperiode, wie sie selten bei Filtern vorkommt? In solchen Dingen geht das Probiren über das Studiren, und man wollte feststellen, wie lange die Filter ohne Erneuerung gut arbeiten. Es konnte nun auf Grund der gemachten Erfahrung der regelmässige Turnus der Beschickung auf sechs Monate festgestellt werden. Es wurde aber im Juli d. J. nicht mehr die ganze Schichte, sondern nur die oberste Schichte von 10—12 cm, wieder auf Grund der beobachteten Verunreinigung abgehoben und auch bestimmt, dass fernerhin nur die gleichstarke Schichte zur Erneuerung kommt. Wie wurde aber dieser jedem Fachmanne begreifliche Vorgang kritisch behandelt?

Der „Mährische Grenzbote“ in Iglau hat den Umstand der letzteingetretenen Trübung in Erfüllung seiner journalistischen Pflicht besprochen.

Da zur selben Zeit die Wochenschrift des österreichischen Ingenieur- und Architektenvereines das „Eingesendet“ des Kollegen Freudenthal mit den 2 Theilen organischer Substanz in 10.000 Theilen Wassers brachte, so war es fast selbstverständlich, wenn dieses Blatt sofort in Nr. 34 die Argumente in der Notiz eines Fachblattes des grössten technischen Fachvereines als vollwichtig hält und als Beweis seiner berechtigten Kritik unter Berufung auf das Votum des Fachmannes Herrn Freudenthal citirt. Kollege Freudenthal beruft sich nun wieder auf diesen Artikel in Nr. 34, in dem der Herr Freudenthal als Gewährsmann angeführt ist.

Der „Mährische Grenzbote“ war aber loyal, auch meine Antwort und die Auseinandersetzungen des Prof. Lenz zu bringen, ein Beweis, dass es diesem Blatte ernstlich nur um die Klärung dieser Frage zu thun war.

Bevor ich den „Mährischen Grenzboten“ und die daran geknüpften Schlussfolgerungen verlasse, muss ich noch meiner Verwunderung Ausdruck geben, dass es in dem vorstehenden Artikel heisst: „... wobei es sich sehr bald herausstellen würde, dass die Filterflächen — auch für kleinere Quantitäten zu filtriren — zu klein sind“, während derselbe Kollege Freudenthal in Nr. 9 der Wochenschrift sagt: „Es überrascht dies umso mehr, als die Grösse der drei Filter mit zusammen 720 m² für 500—1380 m³ Wasser pro 24 Stunden, eine mehr als

genügend grosse ist“ — und doch sind die Filterflächen seit dem 2. März d. J. ganz bestimmt nicht gewachsen.

Ich komme nun zum Kapitel der Druckschwankungen; es wird wohl deshalb, weil ich in meiner Publikation für die Wassermengen von 25—180 m³ pro Stunde die Geschwindigkeit in den Filtern mit 0.8—6.0 m berechnete, behauptet: „Die Geschwindigkeit des die Filter durchpassirenden Wassers soll in 24 Stunden 0.8, 1.7, 2.0, 2.5, 4.0 und 6.0 m betragen.“ Ich weiss nicht, was zu dieser Schlussfolgerung berechtigt, denn, wenn auch nach dem Wortlaute das Hauptzulaufrohr für 180 m³ stündliche Zufuhr vorgesehen wurde, so wurde die Anlage doch nur für eine Lieferung von 1800 m³ pro Tag oder 75 m³ pro Stunde im Mittel erbaut.

Heute schwankt der Konsum noch zwischen 600—650 m³ pro Tag, und es wird noch sehr lange dauern, bis er die Ziffer von 1800 m³ pro Tag erreichen wird, aber sprechen wir schon von dem Verbrauch von täglich 1800 m³.

Hat sich der geehrte Kollege denn die Frage nicht vorgelegt, warum ich den Rauminhalt der Reinwasserkammer von der sonstigen Uebung abweichend so gross angenommen habe? Ich will sie ihm ungefragt beantworten. Der Rauminhalt von 1920 m³ ist das Dreifache des heutigen und mehr als der Tageskonsum bei 1800 m³ einstigen Verbrauches. Dieses Reservoir soll alle Schwankungen zwischen der mit einer genau limitirten maximalen Geschwindigkeit aus den Filtern in das Reservoir zufließenden Wassermenge und dem stündlich wechselnden Verbrauch ausgleichen. Ich kann dann diese maximale Geschwindigkeit an den Einlasschiebern mit nur wenig mehr als der mittleren Geschwindigkeit (bei 1800 m³ Tagesbedarf 2.5 m, bei 1200 m³ nur 1.7 m, bei 600 m³ nur 0.8 m) einstellen, z. B. bei 1800 m³ Tagesbedarf mit 2.7 m pro Tag und mein Reservoir kann nie leer laufen. Ich kann sie für 3.0 m pro Tag einstellen, denn diese Geschwindigkeit vertragen sogar die Feinsandfilter.

Bei 1800 m³ Tagesverbrauch (und hierin scheint der Irrthum zu liegen) beträgt der Stundenkonsum weder im Mittel 75 m³, noch 180 m³, sondern im Maximum ca. 7% des Tagesverbrauches (eine bekannte Ziffer).

Wenn man in der Zeit des grössten Bedarfes von 6 Uhr Früh bis 6 Uhr Abends für jede Stunde 7% des Tagesbedarfes, also für 12 Tagesstunden $\frac{84 \times 1800}{100} = \text{rund } 1500 \text{ m}^3$ rechnet, so bleiben für die übrigen 12 Stunden 300 m³.

In den ersten 12 Stunden werden pro Stunde $\frac{1500}{12} = \text{rund } 125 \text{ m}^3$ abfliessen, aber nur im Maximum bei der Einstellung der Schieber auf 2.7 m Tagesgeschwindigkeit $\frac{1944}{24} = \text{rund } 80 \text{ m}^3$ zufließen können. Der Wasserspiegel

wird sich also innerhalb der 12 Stunden, entsprechend dem nicht bedeckten Abgang von $1500 - (80 \times 12) = 540 \text{ m}^3$, stetig senken, um wieder innerhalb der nächsten 12 Stunden, wo der Zulauf grösser ist wie der Verbrauch, zu steigen.

Dies wird wohl verständlich sein.

Beidem gegenwärtigen Konsum sind diese Schwankungen minim.

Dass ich später einmal, wenn der Tagesbedarf 1200 m³ übersteigt, für plötzlichen Massenbedarf direkt ein Rohr vom Zulaufkanal aus dem Teich in die Hauptleitung einschalten will, hat seinen Grund darin, weil ich mir für die auf die sechste Abendstunde folgenden Stunden, wo die geringste Reserve im Reservoir vorhanden ist, noch eine Reserve für den äussersten Fall ungünstiger Umstände schaffen will, ohne die Schieberstellung zu den Kammern zu ändern. Dass ich da die Vorsicht dann sehr weit treibe, lehrt die Rechnung.

Die aus dem Sitzungsberichte des Gemeinderathes vom 28. September abgeleiteten hohen Kosten des Einbringens und Waschens des Sandes haben mit der Konstruktion der Anlage nichts zu thun. Dies berührt lediglich die bisherige Arbeitsmethode, die rationeller eingerichtet wird. Für die Richtigkeit der vom Vor-

sitzenden bei dieser Sitzung citirten Worte muss der geehrte Kollege die Verantwortlichkeit tragen.

Nun zum letzten Punkte:

Weil in den Alpenseen die Angaben der Wassertemperaturen bei 3 m Tiefe beginnen, vermisst der geehrte Kollege auch die Temperaturangaben bei 3 m Tiefe im Teiche. In Fig. 5 des dritten Heftes habe ich die Temperaturen bei 1, 4, 10 m etc. angegeben und der Herr Kollege hätte bei mir diese Tiefenmessungen vom August 1887 bis November 1888 zum Vergleiche vorgefunden. Was aber die Temperatur bei 3 m Tiefe in den Alpenseen mit jener des Trink- und Nutzwassers in Iglau zu thun hat, weiss ich nicht. Im vorliegenden Falle handelt es sich wohl nur darum, um wie viel Grade ist das Teichwasser, welches bis vor zwei Jahren getrunken wurde, abgekühlt worden gegen jenes, welches heute in Folge Anlage des Kühlschachtes getrunken wird.

Der Herr Kollege bemerkt, dass dieser gewinnbringende Einfluss auf die Temperatur nicht mehr positiv festzustellen ist. Ich gebe ihm die bestimmte Versicherung, dass Thermometer schon vor zwei Jahren in Iglau im Gebrauch waren.

Wie die im Teiche aufgehenden Quellen heute in ihrer Rückwirkung auf die Temperatur alterirt werden konnten, ist mir ein tiefes Räthsel, zumal sie heute ebenso in den Teich austreten wie früher. Wenn dieselben trotz ihrer geringen Ergiebigkeit das Gesamtwasser im Sommer weniger abkühlen sollten, dann ist das Verdienst des Kühlschachtes ein umso grösseres. Der Ueberlauf der Teiche findet aber nur bei grossen Niederschlägen ebenso wie früher statt; die Aufklärung, wohin aber sonst die beim Ueberlauf nach seiner Angabe ablaufenden obersten und wärmsten Wasser im Sommer hinkommen, wenn drei Monate kein Ueberlauf eintritt, vermisste ich.

Das Grafikon über die gemessenen Temperaturen in Fig. 4 des dritten Heftes soll die Wirkung des Kühlschachtes erweisen, und die nächsten zur Veröffentlichung gelangenden Beobachtungen bestätigen wieder diesen Erfolg. Das im Sommer aus den Brunnen in der Stadt ausströmende Wasser differirt nur sehr wenig gegen die Temperatur des Wassers in den Reinwasserkammern.

Der geehrte Kollege sucht nach allen möglichen und unmöglichen Gründen, um an die Wirkung des Kühlschachtes in Iglau nicht glauben zu müssen. Diese Temperatur-Resultate sind aber Thatsachen, und so lange man diese nicht auch negirt, muss man wohl auch an die Wirkung des Kühlschachtes glauben.

Ich hätte erwartet, dass derjenige, der diese Kritik übte, mir aus seiner eigenen Praxis oder sonst den Fall nachgewiesen hätte, dass ohne Kühlschacht oder ohne Thalsperre oder ohne ähnlichen auf gleichen Prinzipien der Abkühlung des Wassers nach der Tiefe erbauten Anlagen ein Wasser von 20—23° C. Wärme um 9—10° C., oder wie dies im Grafikon zum Ausdruck gelangt, ohne Zuhilfenahme anderer künstlicher Hilfsmittel abgekühlt wurde. So lange er dies nicht kann, ist auch noch kein anderes Mittel zur Erreichung des gleichen Zieles gefunden.

Ueber die Mehrkosten des Kühlschachtes bitte ich mein Exposé zu lesen. Was die Gemeinde Iglau dazu sagt, ist später zu lesen.

Ob ich die gegebenen Versprechungen erfüllt habe?

Ich habe den Bürstenabzug der Kritik auch dem Gemeinderathe der Stadt Iglau zugesendet, damit derselbe gegebenen Falls von den Rathschlägen meines geehrten Kollegen Gebrauch machen kann.

Ich erhielt darauf ein Schreiben des Gemeinderathes ddo. 20. November v. J., welches auch die gegenständliche Angelegenheit behandelt und auch die Antwort enthält, ob ich die gegebenen Versprechungen, die dem Kollegen auch so am Herzen liegen, erfüllt habe.

In diesem Schriftstücke haben auch die Consumenten ihr Urtheil ausgesprochen, welches eigentlich in letzter Linie das massgebende ist.

Ich erachte nunmehr die Diskussion über diesen Gegenstand für mich als abgeschlossen und ersuche, in der Folge den Traditionen unseres Vereines entsprechend, die Kritik meiner Vor-

träge in der Versammlung selbst zu üben, da ich nicht für einen Vortrag später auch noch gestraft sein will, und gestraft war ich, dass ich antworten musste.

Meinem geehrten Kollegen wünsche ich aber bei allen seinen Werken die gleiche ehrende Anerkennung seitens seiner Auftraggeber, wie sie mir hier geworden ist.

Das Schreiben des Gemeinderathes von Iglau lautet:

Herrn Oberinspektor Arthur Oelwein,

Wien.

Der Gemeinderath hat die von Ihnen im Bürstenabzuge zugesendete Kritik des Herrn Freudenthal, Ingenieur, über den von Ihnen verfassten und in der Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architektenvereines, Heft III, 1888, publizirten Bericht über die Wasserversorgung der Stadt Iglau aus den Pistauer Teichen gelesen, und sieht sich veranlasst, vor Allem zu erklären, dass alle Angaben in Ihrem publizirten Berichte vollkommen den Thatsachen entsprechen; ferner, dass der Gemeinderath mit der nach Ihrem Projekte hergestellten Anlage, ihrer Funktionirung und der Qualität und Quantität des Wassers ganz zufrieden ist.

Was die Temperatur des Wassers betrifft, so ist die Thatsache, dass im Jahre 1887, wo der Betrieb noch nicht regelmässig funktionirte, die Teiche und der Kühlschacht noch nicht angespannt werden konnten, das Teichwasser in den Sommermonaten von 18—23·2° C. auf 10—15·4° C. dann im Jahre 1888 von 18—23·5° C. bis auf 10—15° C., d. i. 8—12° R. abgekühlt wurde, für die Konsumenten massgebend, — und das Resultat, dass die Stadt in diesen zwei Jahren den ganzen Sommer hindurch ein Wasser von 8—12° R. zur Verfügung hatte, während vor dem Baue dieser Anlage die Temperatur des Wassers 15—18° R. (18—22° C.) betrug, verdankt die Stadt lediglich der Errichtung dieser Anlage. Daran lässt sich nicht zweifeln und auch nicht mäkeln.

Was die Qualität des Wassers betrifft, so ist dieselbe nach den chemischen Analysen des Fachmannes Prof. Lenz jetzt eine vollkommen gute, und auch dieser Umstand ist der guten Funktionirung der Filter zuzuschreiben. Der von einem so ausgezeichneten Fachmanne, Universitätsprofessor Dr. Max Gruber, über Ansuchen der Gemeinde erstattete Bericht über die bakteriologische Untersuchung, belehrte uns, dass in Folge der Filtrirung und nach sechsmonatlicher Thätigkeit der Filter die in hohem Maasse mit Mikro-Organismen erfüllten Teichwässer eine solche Reinheit erhielten, dass in dem Berichte wörtlich gesagt werden konnte: „Die gefundenen Zahlen (der Bakterienkeime) gehören zu den niedersten bisher in Trinkwässern gefundenen“ und: „dass weiter die Konklusion gezogen wird, dass die Beschaffenheit des Wassers vom bakteriologischen Standpunkte tadellos ist“, so kann man wohl mit den Resultaten der Wasserreinigung nach jeder Richtung hin zufrieden sein.

Die Behauptung, dass das filtrirte Wasser in der Zeit von 1³/₄ Jahren mehreremale einen gelblichen Stich hatte, ist cum grano salis soweit richtig, dass dieser Umstand zweimal eintrat, und zwar nach der Betriebsperiode des Jahres 1887, wo auf die Filter häufig aus den oberen Teichen sehr trübes Wasser zugeleitet werden musste und die Teiche nicht voll werden konnten. Im Jahre 1888 kam der Fall seit dem Monate Juli nicht mehr vor. Seither ist der Betrieb ein regelmässiger geworden.

Auch der angedeutete Fall kam vor, dass in einzelnen Hausleitungen getrübtetes Wasser herausrann, während sowohl in den Reinwasserkammern, wie auch bei allen übrigen Ausläufen das Wasser ganz klar war. Dass da die Ursache des Trübwerdens doch nur in der Hausleitung zu suchen war, ist wohl klar.

Dass man aus diesen so vereinzeltten Fällen auf die übrige gute Funktionirung keinen nachtheiligen Schluss ziehen darf, ist wohl vorauszusetzen, denn es gibt wohl kein einziges Werk

ähnlicher Art, das nicht in den ersten Jahren, bis das Aufsichtspersonale geschult ist, einzelne Störungen erleidet.

Was die bisherigen Kosten der Filterbeschickung betrifft, so ist die gegenwärtige Manipulation jedenfalls zu kostspielig und ist der Gemeinderath eben damit beschäftigt, Mittel zu finden, um die Filterreinigung billiger zu machen.

Zum Schlusse nehmen Sie die Versicherung entgegen, dass die vorliegende Kritik weder der anerkannten Güte des Wassers

noch der guten Funktionirung der Anlage bei Jenen Abbruch üben wird, die dem Werke und seiner Leistung sine ira et studio ihre Aufmerksamkeit zuwenden.

Die Konsumenten wenigstens sind mit beiden zufrieden.

Gemeinderath Iglau, am 20. November 1888.

Der Bürgermeister: Dr. Fritz Poppelak.

Professor Dr. Emil Winkler.

Das abgelaufene Jahr hat einen herben Verlust für die technische Wissenschaft gebracht. Am 27. August starb der Professor an der technischen Hochschule in Berlin, Dr. Emil Winkler, ein unermüdlich thätiger Gelehrter, dem die wissenschaftliche Entwicklung der Ingenieurbankunde viel zu danken und der an ihren Fortschritten in den letzten Jahrzehnten einen hervorragenden Antheil genommen hat. Die Trauerbotschaft hat in der gesamten technischen Welt aufrichtige Theilnahme wachgerufen. Auch die österreichischen Fachkreise wurden davon auf das schmerzlichste berührt, denn obwohl Winkler seit 1877 in Berlin lebte und lehrte, ist er uns doch Allen hier aus persönlichem Verkehre, aus seiner fruchtbringenden Thätigkeit unter uns bekannt; zahlreich sind die Schüler, die er in Oesterreich herangebildet hat und in die Jahre seines Aufenthaltes in Prag und Wien (1865–1877) fällt sein rastlosestes Schaffen, fallen jene bahnbrechenden Arbeiten, welche seinen Ruf als fachliche Autorität begründeten.

Winkler, 1835 in Falkenberg bei Torgau in der Provinz Sachsen geboren, stand erst im 53. Lebensjahre; es war ihm sonach keine lange Schaffenszeit beschieden; um so staunenswerther und von seinem emsigen Fleisse und unermüdlichen Arbeitskraft zeugend ist die Fülle seiner wissenschaftlichen und literarischen Leistungen. Dieselben haben seinen Namen wohl bei allen Kulturvölkern des Erdkreises, welche den Werth mathematischer Untersuchungen auf dem Gebiete der Baukonstruktionen erkannt haben, zur Anerkennung gebracht und mit den Fortschritten, welche insbesondere die Ausbildung der Eisenkonstruktionen und der Bau der eisernen Brücken in den letzten Dezennien erfahren hat, eng verknüpft.

Schon im Jahre 1860, nach kaum vollendetem Studium am Dresdener Polytechnikum, produzierte Winkler eine Arbeit von hervorragender wissenschaftlicher Bedeutung: seine Dissertationsschrift über eine neue Theorie des Erddruckes, durch welche er die Doktorwürde an der Universität Leipzig erlangte. Diese erst später (1871 in unserer Vereinszeitschrift) veröffentlichte Abhandlung enthält den Versuch einer strengeren, von Betrachtungen über das Gleichgewicht der kleinsten Theilchen im Innern kohäsionsloser Massen ausgehenden Erddrucktheorie, welche, wenn sie auch nicht zu Resultaten geführt hat, die für die unmittelbare Anwendung auf die Praxis geeignet sind, doch für die Kenntnis des Erddruckproblems von Wichtigkeit geworden ist. Ungefähr gleichzeitig mit Winkler hat diese Frage auch der englische Ingenieur Rankine in der gleichen Weise, aber einer von dem andern natürlich gänzlich unabhängig gelöst.

Nach einer zweijährigen Thätigkeit als Dozent und als Assistent am Dresdener Polytechnikum erhielt der kaum Dreissigjährige eine Berufung als ordentlicher Professor der Ingenieurbankunde an die technische Hochschule in Prag. Hier blieb er durch drei Jahre, bis 1868, und in diese arbeitsvolle Zeit fällt die Herausgabe seiner „Lehre von der Elastizität und Festigkeit“. Dieses hauptsächlich für die Bedürfnisse des Bauingenieurs berechnete Werk ist für die weitere Ausbildung der Statik der Baukonstruktionen von grundlegender Bedeutung geworden. Winkler gibt darin zuerst eine für die Anwendung geeignete Theorie der vollwandigen Bogensträger, welche er insbesondere durch die Einführung der Kämpferdruck- und Kämpferdruck-Umhüllungslinien vereinfacht und für die graphische Behandlung zu-

gänglich macht. Nicht minder werthvoll sind seine Untersuchungen über den kontinuierlichen Träger mit festen und elastisch nachgiebigen Stützen, welche letztere neuestens den Ausgangspunkt für eine strengere Theorie des eisernen Oberbaues gegeben haben. Welche Summe von Mühe und Arbeit in diesem Buche niedergelegt ist, kann am besten daraus beurtheilt werden, dass sich Winkler in seinen späteren Jahren zu einer Neubearbeitung und Ergänzung des in der ersten Auflage vergriffenen Werkes nicht mehr entschliessen konnte.

Im Jahre 1868 wurde Winkler als Professor für Eisenbahn- und Brückenbau an die technische Hochschule nach Wien berufen. Neun Jahre lehrte er daselbst und von welchem Erfolge seine Lehrthätigkeit begleitet war, davon zeugt die Thatsache, dass noch heute unter den österreichischen Ingenieuren von einer Winkler'schen Schule gesprochen wird. Winkler verstand es eben, wie selten ein Lehrer, seine Schüler zu selbstständigem Arbeiten und Nachdenken anzuregen. Vornehmlich war es die theoretisch-konstruktive Richtung, welche er pflegte, und welche demgemäss auch unter seinen Schülern zu stärkerem Ausdrücke kam. Durch die im Jahre 1873 angefangene Herausgabe seiner Vorträge über Brückenbau hat Winkler aber auch über die engeren Grenzen der Schule hinaus gewirkt und sich bald den Ruf als hervorragende Autorität in diesem Fache erworben. Leider war es ihm nicht gegönnt, dieses umfassend angelegte Werk zu Ende zu führen; aber auch die Theile, welche davon erschienen sind (Theorie der Brücken, I. Heft, äussere Kräfte der Balkenträger, in dritter Auflage 1886; II. Heft, Theorie der gegliederten Balkenträger, in zweiter Auflage 1881; Eiserne Brücken, II. Heft, Gitterträger und Lager gerader Träger in zweiter Auflage 1875; IV. Heft, die Querkonstruktionen der eisernen Brücken, zweite Auflage 1884; Hölzerne Brücken, I. Heft, Balkenbrücken, 2. Aufl. 1887) zeugen von der seltenen Arbeitskraft des Verfassers und bilden in der einschlägigen Literatur unübertroffene Leistungen. Der Raum verbietet es, auf die Anführung alles dessen, was Winkler in diesem Werke an selbstständigen Forschungen niedergelegt hat, einzugehen; es möge nur einiges davon hervorgehoben werden: so die Untersuchungen über die Einwirkung von Lastenzügen und deren Ersatz durch gleichwerthige, gleichmässig vertheilte Lasten, welche ihn bereits 1873 (in der ersten Auflage des I. Heftes der Brückentheorie) veranlassten, auf die Mangelhaftigkeit der (nunmehr durch die neuen Vorschriften vom Jahre 1887 ersetzten) österreichischen Brückenverordnung hinzuweisen; die Einführung und Verwerthung der Methode der Einflusslinien; die Untersuchungen über den Einfluss der festen Knotenpunktverbindungen; die äusserst mühsamen und schwierigen Berechnungen über die Beanspruchung der Querkonstruktionen der eisernen Brücken u. a.

Mit der Herausgabe seines Werkes über Brückenbau war aber Winkler's Schaffenskraft keineswegs erschöpft. Schon in Prag hatte er auch mit der Veröffentlichung seiner Vorträge über Eisenbahnbau begonnen, und wenn hier die Eigenart des Verfassers auch nicht so voll zur Geltung kommt, wie in seinen anderen Werken, so hat doch sein Buch über den Eisenbahnbau lange Zeit in der Literatur dieses Faches einen hervorragenden Platz behauptet. Zahlreich sind ferner die Abhandlungen und Aufsätze, welche Winkler in den Fachzeitschriften veröffentlichte und von denen die meisten werthvolle Beiträge zur Theorie

der Brücken betreffen. Von denselben mögen hier besonders angeführt werden: „Wahl der zulässigen Inanspruchnahme der Eisenkonstruktionen mit Rücksicht auf die Wöhler'schen Versuche“ (Zeitschrift unseres Vereines 1877); „Beitrag zur Theorie der Gewölbe“ (Deutsche Bauzeitung 1879), worin Winkler den hübschen Satz entwickelt, dass diejenige Stützlinie die wahrscheinlichste sei, für welche die Summe der Quadrate der Abweichungen von der Mittellinie ein Minimum ist; „Ueber die Belastungsgleichwerthe der Brückenträger“, eine Arbeit, welche in der Festschrift anlässlich der Eröffnung der technischen Hochschule in Berlin veröffentlicht worden ist und eine exakte Bestimmung der äquivalenten Belastungen mit Hilfe der Einflusslinien enthält; „Ueber die Gewichte der eisernen Brücken“, eine längere Abhandlung im zweiten Bande der ersten Auflage des Handbuches der Ingenieurwissenschaften u. a.

So sehr die theoretische Richtung bei Winkler vorwaltete, so verstand er es doch, bei allen seinen Untersuchungen die praktischen Bedürfnisse im Auge zu behalten und gerade praktisch wichtige Probleme in den Kreis seiner Betrachtungen zu ziehen. Zur Erforschung derselben dienten ihm mannigfache, sinnreich ausgedachte Versuche, so u. a. diejenigen über Erddruck, über die Vertheilung der innern Spannungen in genieteten Verbindungen (wozu er geriffelte Kautschukmodelle verwendete) und über den Winddruck auf Gitterträger. Die beabsichtigten Beobachtungen an einem im Souterrain der technischen Hochschule in Berlin ausgeführten Versuchsbogen sind leider nicht mehr zur Ausführung gekommen.

Um das Bild der Thätigkeit Winkler's zu vervollständigen, müsste noch der, nur für seine Hörer bestimmten Veröffentlichung einzelner Kapitel seiner Vorträge (in Wien erschienen: Blechbrücken, Steinerne Brücken, Eiserner Pfeiler, Lehrgerüste, Zeichnungen über Tunnelbauten; in Berlin erschienen nebst den von seinen Hörern autographirten Zeichnungen über Brückenprojekte drei Hefte über Statik der Baukonstruktionen) und ferner der zahlreichen Gutachten und Kommissionsarbeiten gedacht werden, an

welchen Winkler thätigen Antheil nahm. Wir erwähnen von letzteren nur das gemeinschaftlich mit Prof. v. Rebhann erstattete Gutachten über die Schiffkorn-Brücken, die Thätigkeit Winkler's als Preisrichter bei der Czernawoda-Brückenkonkurrenz etc.

Während seines Aufenthaltes in Oesterreich gehörte Winkler auch unserem Vereine als eifriges Mitglied an. Er war lange Zeit hindurch Mitglied des Redaktions-Komités und über seinen Antrag beschloss der Verein im Jahre 1876 die Herausgabe einer Wochenschrift. Aus der ersten Zeit seines Wiener Aufenthaltes stammt auch sein Projekt einer unterirdischen Stadtbahn (Tunnelausbau in Eisen) welches er für ein Konsortium 1873 ausarbeitete.

Im Jahre 1877 leistete Winkler einem Rufe an die Berliner Bauakademie, die bald darauf mit der Gewerbeakademie zur technischen Hochschule umgestaltet wurde, Folge. Bei Begründung der königl. Akademie des Bauwesens, 1880, wurde er zu deren ständigem Mitgliede ernannt und später noch durch die Verleihung des rothen Adlerordens und der silbernen Medaille für Verdienste um das Bauwesen ausgezeichnet.

Leider war der Gesundheitszustand des unermüdlich thätigen Gelehrten schon seit einer Reihe von Jahren erschüttert. Ende 1886 befiel ihn ein Nervenschlag, der seine Lehrthätigkeit auf einige Zeit ganz unterbrach. Obwohl eine Besserung eintrat, so dass Winkler wenigstens den liebgewonnenen Beruf als Lehrer wieder aufnehmen konnte, scheint er sich doch, nach privaten Aussprüchen zu urtheilen, über seinen Zustand keiner Täuschung hingegen zu haben. Von wissenschaftlichen Arbeiten, insbesondere von seiner literarischen Thätigkeit, musste er sich zu Folge ärztlichen Verbotes in den letzten Jahren ganz enthalten. Sein plötzlicher Tod kam aber doch Allen unerwartet und schmerzlich betrauern seine ehemaligen Schüler und Freunde den frühen Hingang eines so hochbegabten und durch den edelsten Charakter ausgezeichneten Mannes.

Melan.